

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**

**PROPOSTA DE SISTEMÁTICA PARA TOMADA DE DECISÃO
RELATIVA A MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS:
APLICAÇÃO EM OURO PRETO (MG)**

BERENICE BITENCOURT RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. Lázaro Valentin Zuquette

**Tese apresentada ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas do
Campus de Rio Claro da Universidade
Estadual Paulista, como requisito
parcial para obtenção do título de
Doutor em Geociências.**

RIO CLARO – SP

2002

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Pedro Paulo e Eny
meus irmãos Beatriz, Homero e Bernadete
e sobrinhos Rafael e Nathalia

A G R A D E C I M E N T O S

Agradeço

Ao Prof. Dr. Lázaro Valentim Zuquette, pela orientação e incentivo durante a confecção deste trabalho;

Ao CNPq, pela bolsa concedida;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

VOLUME I

DEDICATÓRIA	287
AGRADECIMENTOS.....	288
SUMÁRIO	289
RESUMO.....	299
ABSTRACT.....	300
1 –INTRODUÇÃO	1
2 –REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 – Aspectos Relacionados à Integração de Informações para o Planejamento.....	10
2.2.1 – Aspectos Conceituais	11
2.2.2 – Instrumentos para Obtenção e Integração das Informações	22
2.2.3 – Administração dos Dados.....	26
2.2.4 – Ferramentas de Processamento.....	27
2.2.5 –Modelagem e Otimização dos Subsistemas	28
2.2.6 –Características dos Sistemas de Informações Geográficas e Processamento Digital de Imagens	40
2.2.7 – Implementação de Sistemas de Suporte a Decisão – Desenvolvimento Histórico e Atual	52
3 –PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO.....	70
3.1 – Componentes Básicos	72
3.2 – Tipos de Planejamento.....	73
3.3 – Integração das Informações	76
3.4 – Componentes do Meio Ambiente.....	78
3.4.1 – Gestão integrada.....	86
3.4.2 – Informações específicas.....	89
3.4.3 – Informações integradas	99
3.4.4 – Legislação	101
4 –METODOLOGIA	106
4.1 – Considerações Gerais	107
4.2 – Bases para o Desenvolvimento Voltado a Movimentos de Massa Gravitacionais.....	110
4.2.1 – Considerações Básicas	110
4.2.2 – Estratégia para proposição de procedimentos e métodos.....	111
4.3 – Etapas e Procedimentos Propostos para o Estudo de Movimentos de Massa Gravitacionais	118
4.3.1 – Área mínima para a Tomada de Decisão	118

4.3.2 – Escalas	122
4.3.3 – Estágio atual das informações	123
4.3.4 – Tipo e conjunto de informações	123
4.5 – Adequabilidade das Informações	142
4.6 – Armazenamento dos Dados	142
4.7 – Tratamento das Informações.....	143
4.7.1 – Análise das principais abordagens para tratamento de informações, voltadas ao estudo de movimentos de massa gravitacionais.....	146
4.8 – Condições para a Tomada de Decisão.....	151
4.9 – Zoneamento Baseado na Tomada de Decisão	151
4.10 – Gerenciamento do Banco de Dados	152
5 – APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA EM PORÇÃO DA SERRA DE OURO PRETO – OURO PRETO/MG.....	153
5.1 – Considerações Gerais	153
5.1.1 – Aspectos gerais	153
5.1.2 – Localização	153
5.1.3 – Aspectos Sócio-Econômicos.....	156
5.1.4 – Clima.....	158
5.1.5 – Vegetação	159
5.1.6 – Hidrologia e Hidrogeologia.....	161
5.1.7 – Geomorfologia	161
5.1.8 – Geologia	162
5.1.9 – Material Inconsolidado	162
5.1.10 – Informações de Uso e Ocupação	163
5.2 Aplicação da Sistemática Proposta	164
5.2.1 – Área mínima para tomada de decisão	164
5.2.2 – Escala	164
5.2.3 – Estágio atual das informações:	166
5.2.4 – Tipo e conjunto de informações:.....	166
5.2.5 – Adequabilidade das informações:	186
5.2.6 – Armazenamento dos dados:	187
5.2.7 – Tratamento das informações:.....	188
5.2.8 – Condições para a Tomada de Decisão:	266
5.2.9 – Zoneamento baseado na Tomada de Decisão:	272
5.2.10 – Gerenciamento do Banco de Dados:	273
6 – CONCLUSÕES	274
7 – BIBLIOGRAFIA	276

VOLUME II

ANEXO 1 – Mapa Topográfico (Zenóbio, 2000)	287
ANEXO 2 – Mapa de Encosta/Declividade (Zenóbio, 2000)	274
ANEXO 3 – Mapa Topográfico (Bonuccelli, 1999)	289
ANEXO 4 – Mapa das classes do atributo declividade	290
ANEXO 5 – Mapa das classes do atributo amplitude de relevo.....	291
ANEXO 6 – Mapa das classes do atributo comprimento da encosta.....	292
ANEXO 7 – Mapa das classes do atributo curvatura da encosta.....	293
ANEXO 8 – Mapa das classes do atributo trajetória	294
ANEXO 9 – Mapa das classes do atributo n° de superfícies	295
ANEXO 10 – Mapa das classes do atributo posição na encosta.....	296
ANEXO 11 – Mapa de Feições (Zenóbio, 2000)	297
ANEXO 12 – Mapa de Feições (Bonuccelli, 1999)	298
ANEXO 13 – Mapa das classes do atributo n° de feições	299
ANEXO 14 – Mapa das classes do atributo tipos de feições	300
ANEXO 15 – Mapa das classes do atributo área total das feições	301
ANEXO 16 – Mapa das classes do atributo atividade dos M. M. G.....	302
ANEXO 17 – Mapa de Drenagem (Zenóbio, 2000)	303

VOLUME III

ANEXO 18 – Mapa de Drenagem (Bonuccelli, 1999)	304
ANEXO 19 – Mapa Geológico (Zenóbio, 2000)	305
ANEXO 20 – Mapa Geológico (Bonuccelli, 1999)	306
ANEXO 21 – Mapa das classes do atributo litologia predominante	307
ANEXO 22 – Mapa das classes do atributo tipos de litologia	308
ANEXO 23 – Mapa das classes do atributo relações da litologia	309
ANEXO 24 – Mapa das classes do atributo resistência da litologia.....	310
ANEXO 25 – Mapa do Material Inconsolidado (Bonuccelli, 1999)	311
ANEXO 26 – Mapa das classes do atributo tipo de material inconsolidado	312
ANEXO 27 – Mapa das classes do atributo grau de alteração	313
ANEXO 28 – Mapa das classes do atributo espessura do material inconsolidado	314
ANEXO 29 – Mapa das classes do atributo descontinuidade mais provável.....	315
ANEXO 30 – Mapa de Uso do Solo (Bonuccelli, 1999)	316
ANEXO 31 – Mapa das classes do atributo tipo de ocupação.....	317
ANEXO 32 – Mapa das classes do atributo área ocupada.....	318
ANEXO 33 – Mapa das classes do atributo n° de taludes artificiais	319
ANEXO 34 – Mapa de Vegetação (Bonuccelli, 1999)	320
ANEXO 35 – Mapa das classes do atributo tipo de vegetação.....	321
ANEXO 36 – Mapa das classes do atributo área ocupada pela vegetação.....	322

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 – Sistema funcional de representação de uma região urbanizada (modificado de Güell, 1997).	4
Figura 1. 2 - Proposta de procedimentos para um Planejamento Estratégico (modificado de Güell, 1997)	5
Figura 1. 3 - Componentes do processo de avaliação de riscos (Feel & Hartford, 1997 – modificado).	6
Figura 1. 4 - Sequência de informações relacionada a um DSS.	8
Figura 2. 1 - Representação matricial e vetorial	15
Figura 2. 2- Relacionamentos espaciais (Oliveira <i>et al.</i> , 1997).	30
Figura 2. 3 - Modelagem segundo o paradigma dos quatro universos (Gomes & Velho, 1995)	30
Figura 2. 4– O modelo hierárquico para o entendimento sobre o mundo real (Fonte: Scott Morehouse, ESRI, Redlands, California in Maidment, 1993).	32
Figura 2. 5- Arquitetura do GIS e modelamento do sistema , acoplados (Nyerges, 1993).	33
Figura 2. 6- Desenvolvimento de uma modelagem (modificado de Paredes, 1999).	34
Figura 2. 7- Implementação do modelo (modificado de Paredes, 1999).	34
Figura 2. 8- Técnicas de implementação de um modelo (modificado de Paredes, 1999).	35
Figura 2. 9- Passos para a execução de um modelamento (Harris, <i>et al.</i> , 1993).	36
Figura 2. 10- Uma avaliação esquemática do processo de modelamento indutivo, para aplicações em GIS de (hazards) perigos naturais (Wadge <i>et al.</i> , 1993).	40
Figura 2. 11- Uma avaliação esquemática do processo de modelamento dedutivo, para aplicações em GIS de (hazards) perigos naturais (Wadge <i>et al.</i> , 1993).	40
Figura 2. 12 - GIS como um diagrama de fluxo para perspectiva procedural (Nyerges, 1993).	42
Figura 2. 13 - Características de um SIG (Eastman, 1997).	43
Figura 2. 14 – O engarrafamento das informações (Armstrong, 1994).	53
Figura 2. 15 - Rede dos fatores de maior correlação (Eon & Farris, 1996).	54
Figura 2. 16 – O cubo WIS (Roberts & Moore, 1998)	56
Figura 2. 17– Dendrograma ilustrativo do agrupamento hierárquico dos temas relacionados ao Sistema de Suporte a Decisão (DSS) mais pesquisados (Eom, 2000)	59
Figura 2. 18 – Arquitetura da pesquisa dos temas relacionados ao Sistema de Suporte a Decisão implementada por Eom (2000).	59
Figura 2. 19 - Diagrama de fluxo do Sistema "Planejamento Flexível e Integração Dinâmica" – FDPI, proposto por Zhang & Wang (1988).	60
Figura 2. 20 - Estrutura de dados parcialmente refletida (Matthews <i>et al.</i> , 1999)	62
Figura 2. 21 - Componentes do sistema LADSS – Sistema de suporte a decisão para o uso do solo (Matthews <i>et al.</i> , 1999).	62
Figura 2. 22 - Arquitetura do DSS-DT (Chari <i>et al.</i> , 1998)	63
Figura 2. 23 - Funções parciais de um sistema dedicado (Fedra, 1993).	64
Figura 2. 24 - Funções parciais de um sistema dedicado (Fedra, 1993).	64
Figura 2. 25 - Interface do GIS de acordo com a ESRI (Maguire, 1999)	66
Figura 2. 26 - Construindo um SDSS pela integração de modelos e SIG (Keenan, 1997).	69

Figura 3. 1 – Aquisição de solução de geoprocessamento do IPPUC através de edital (Galindo <i>et al.</i> , 1999).	71
Figura 3. 2 – Processo de tomada de decisão com relação a perdas devido a eventos naturais.	73
Figura 3. 3 – Evolução do planejamento urbano (Güell, 1997),	75
Figura 3. 4 – Principais atividades e metas de um estudo de impacto ambiental, destacando aspectos do meio físico (IPT, 1992).	86
Figura 3. 5 – Dinâmica do meio ambiente e o papel do meio físico (IPT, 1992).	88
Figura 4. 1 – Representação da Tomada de Decisão Multicriterial (modificado de Sen & Yang, 1998).....	106
Figura 4. 2 – Equação para solução de problemas ordinários baseados em múltiplos atributos onde são apresentadas n alternativas ($a_i, i=1, \dots, n$) e k atributos ($y_j, j=1, \dots, k$).	107
Figura 4. 3 – Fluxograma geral para a Tomada de Decisão.	108
Figura 4. 4 – Tipos de decisores (Halsapple & Whinston, 1996).	110
Figura 4. 5 – Fluxograma para a Tomada de Decisão considerando os problemas relacionados aos movimentos de massa gravitacionais.	112
Figura 4. 6 – Programa genérico de atividades visando à correção de movimentos de massa gravitacionais (Novosad 1978).	114
Figura 4. 7 – Exemplo de grid regular.	119
Figura 4. 8 – Exemplo de encostas	120
Figura 4. 9 – Exemplo de bacia hidrográfica.	121
Figura 5. 1 - Localização e vias de acesso (modificado de Bonuccelli, 1999).	154
Figura 5. 2 - Área selecionada para estudo (Zenóbio, 2000).	154
Figura 5. 3 - Vista geral da área em estudo - ocupação atual referente ao ano de 2001.	155
Figura 5. 4 - Ortofoto para a área em estudo, baseado em documentação na escala 1:10.000 (Fonte: CEMIG).	156
Figura 5. 5 – Diagrama de seleção das medidas.	193
Figura 5. 6 – Distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo considerando os 7 componentes básicos.	263
Figura 5. 7 – Distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo considerando seis dos componentes.	263
Figura 5. 8 – Distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo, considerando cinco dos componentes básicos.	264
Figura 5. 9 – Distribuição das alternativas consideradas para cada cela.	269

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. 1 - Análise das variáveis para seleção das curvas tipo f-N e F -N.	8
Tabela 2. 1 - Comparação entre as estruturas vetorial e matricial (Rocha, 2000)	15
Tabela 2. 2- Classificação sintética dos movimentos de encosta (<i>after</i> Varnes, 1978 <i>apud</i> Sidle et al., 1985, modificado).....	19
Tabela 2. 3 - Classificação sintética dos movimentos de massa subaéreos (Hutchinson, 1988 modificado).	19
Tabela 2. 4- Principais formas de ocupação que podem ser implantada s no Brasil (Zuquette, 1993).	23
Tabela 2. 5 – Definição dos fatores e atributos relacionados a cada tipo de ocupação (Zuquette, 1993).....	24
Tabela 2. 6 - Escala e resolução de algumas escalas de mapas mais comuns (Goodchild, 1993 - modificado).	26
Tabela 2. 7 - Formas de armazenamento das informações (Korth & Silberschatz, 1995).	29
Tabela 2. 8 - Exemplo de aplicação da modelagem para análise do potencial erosivo de um solo (Paredes, 1999).	35
Tabela 2. 9 - Definição do fator "peso" (modificado de Paredes, 1999).	35
Tabela 2. 10 – Programas que apresentam recursos para produção de MDT's (Câmara & Medeiros, 1998 - modificado).....	38
Tabela 2. 11 – Comparação entre grades regulares e triangulares para apresentação do MDT (Câmara & Medeiros, 1998).....	38
Tabela 2. 12 - Escala de valores AHP para comparação pareada (Satty, 1978).	39
Tabela 2. 13 - Exemplos e características de alguns Sistemas de Informação Geográfica (Rocha, 2000 - modificado).....	41
Tabela 2. 14 – Características de alguns sistemas de informação geográfica (Câmara, 2000)	42
Tabela 2. 15 - SGBD com suporte a dados espaciais (Câmara, 2000).	45
Tabela 2. 16 – Gerenciadores de dados geográficos (Câmara, 2000).	45
Tabela 2. 17 - Comparação entre processos de digitalização (Rocha, 2000).....	50
Tabela 2. 18 – Seleção de termos chave para pesquisa de um BD relacionado a DSS's (Abraham & Wanker, 1995).	55
Tabela 2. 19 – TransCAD: um exemplo de SIG como gerador DSS.....	66
Tabela 2. 20 – Características de um Sistema de Suporte a Decisão (Keenan, 1997).	68
Tabela 3. 1 - Componentes do meio ambiente.....	87
Tabela 3. 2 - Componentes do meio ambiente.....	88
Tabela 3. 3 –Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	90
Tabela 3. 3 (<i>continuação</i>) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	91
Tabela 3. 3 (<i>continuação</i>) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	92
Tabela 3. 3 (<i>continuação</i>) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	93
Tabela 3. 3 (<i>continuação</i>) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	94
Tabela 3. 3 (<i>continuação</i>) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	95
Tabela 3. 3 (<i>continuação</i>) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	96

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	97
Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).	98
Tabela 3. 4 - Listagem dos atributos que influenciam nos movimentos gravitacionais de massa e processos correlatos proposta por Zuquette, 1998 – (modificada por Bonuccelli, 1999).	100
Tabela 4. 1 – Procedimentos usuais para o monitoramento de áreas sujeitas a eventos perigosos.	115
Tabela 4. 2 – Padrões diagnóstico para movimentos de massa gravitacionais e áreas susceptíveis a estes processos, obtidos através de fotointerpretação (Rib & Liang, 1978)	116
Tabela 4. 3 – Escalas utilizadas no zoneamento de hazard para o estudo de escorregamentos (Soeters & Van Westen, 1996 - modificado).....	122
Tabela 4. 4 – Classes de declividade relacionadas aos diferentes tipos de movimentos gravitacionais de massa (Sidle <i>et al.</i> ,1985 – modificado).	125
Tabela 4. 5 – Características do perfil das encostas relacionadas a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais (Bonuccelli, 1999 – modificado).....	126
Tabela 4. 6 – Grau de alteração e resistência da rocha propostos pela ISRM (1983) e URCS	130
Tabela 4. 7 – Grau de Resistência das rochas de acordo com ISRM (1983) e URCS.....	130
Tabela 4. 8 – Grau de Resistência das rochas de acordo com classificação URCS, WILLIAMSON e KUHN (1988)	131
Tabela 4. 9 – Relação entre a vegetação e o meio ambiente (Bonuccelli, 1999).....	137
Tabela 4.9 – Relação entre a vegetação e o meio ambiente (Bonuccelli, 1999) - Continuação	138
Tabela 4.9 – Relação entre a vegetação e o meio ambiente (Bonuccelli, 1999) - Continuação	139
Tabela 4. 10 – Relação dos atributos necessários à avaliação da susceptibilidade a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais (Bonuccelli, 1999).	141
Tabela 4. 11 – Técnicas de análise dos dados em função da escala dos mapas (Soeters & Van Westen, 1996).	144
Tabela 4. 12 – Levantamento de dados para a análise no zoneamento de hazard para estudos de escorregamentos (Soeters & Van Westen, 1996).	144
Tabela 4. 13 – Principais métodos qualitativo e quantitativos utilizados na análise ambiental (Souza, 2001 – modificado).	145
Tabela 4. 14 – Questões Relacionadas a Avaliação de Hazards.....	147
Tabela 4. 15 – Principais características das propostas metodológicas para avaliação de "hazard" e risco (Rodrigues, 1998).	150
Tabela 5. 1 - Levantamento populacional do município de Ouro Preto.	157
Tabela 5. 2 - Dados da precipitação mensal e anual entre 1988 e 1997 (Bonuccelli, 1999).	159
Tabela 5. 3 - Características principais da cobertura vegetal em Ouro Preto (Silva & Gontijo, 1995).	160
Tabela 5. 4 - Classificação da cobertura vegetal e de uso do solo para o sítio urbano de Ouro Preto (Silva & Gontijo, 1995).	160
Tabela 5. 5 - Coluna estratigráfica simplificada (Nalini Jr., 1993) para a área urbana de Ouro Preto.....	162
Tabela 5. 6 - Classes de material inconsolidado referentes encontradas na área de estudo (Bonuccelli, 1999)...	163
Tabela 5. 7 - Percentagem em termos de área total para os diferentes tipos de uso do solo (Bonuccelli, 1999).	163
Tabela 5. 8 - Dimensões do Grid, em centímetros, de acordo com as escalas de trabalho.	165
Tabela 5. 9 - Formatos de papel conforme norma da ABNT.....	165

Tabela 5. 10 - Tipos de componentes e seus respectivos atributos e classes.....	167
Tabela 5. 11 - Informações sobre relevo, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).	170
Tabela 5. 12 - Informações sobre relevo, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).	170
Tabela 5. 13 - Informações sobre relevo, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).	170
Tabela 5. 14 - Classes e Atributos referentes ao Componente Relevo1, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).....	171
Tabela 5. 15 - Classes e Atributos referentes ao Componente Relevo2, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).....	173
Tabela 5. 16 - Informações sobre inventário das feições dos movimentos de massa gravitacionais, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).	174
Tabela 5. 17 - Classes e Atributos referentes ao Componente Feições dos Movimentos de Massa Gravitacionais, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).	176
Tabela 5. 18 - Informações sobre litologia, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).....	178
Tabela 5. 19 - Classes e Atributos referentes ao Componente Litologia, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).....	179
Tabela 5. 20 - Informações sobre material inconsolidado, obtidas do trabalho de Bonuccelli (1999).	180
Tabela 5. 21 - Classes e Atributos referentes ao Componente Material Inconsolidado, obtidos do trabalho de Bonuccelli (1999).	182
Tabela 5. 22 - Informações sobre uso do solo, presentes nos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).	183
Tabela 5. 23 - Classes e Atributos referentes ao Componente Uso do Solo, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).....	184
Tabela 5. 24 - Informações sobre vegetação, obtidas do trabalho de Bonuccelli (1999).	185
Tabela 5. 25 - Classes e Atributos referentes ao Componente Vegetação, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).....	185
Tabela 5. 26 – Classificação dos métodos relacionados à Tomada de Decisão Multicriterial do tipo Multiatributo (Sen & Yang, 1998 - modificado).	189
Tabela 5. 27 – Escala de Razão (Satty, 1978).	190
Tabela 5. 28 – Matriz de comparação dos atributos (Satty, 1978 - modificado).	191
Tabela 5. 29 – Matriz com os pesos relativos aos 7 componentes considerados.....	196
Tabela 5. 30 – Matriz com os pesos relativos aos 6 componentes sem considerar o uso	197
Tabela 5. 31 – Matriz com os pesos relativos aos 5 componentes sem considerar o uso e a vegetação.....	198
Tabela 5. 32 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados aos materiais inconsolidados.....	200
Tabela 5. 33 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados a litologia.	201
Tabela 5. 34 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados a vegetação.	202
Tabela 5. 35 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados ao uso e ocupação.	203
Tabela 5. 36 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados ao relevo1	204
Tabela 5. 37 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados ao relevo 2	205
Tabela 5. 38 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados às feições dos movimentos de massa gravitacionais.	206

Tabela 5. 39 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo de material consolidado.	208
Tabela 5. 40 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo grau de alteração e materiais antropogênicos	209
Tabela 5. 41 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo espessura do material consolidado.	210
Tabela 5. 42 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo descontinuidade mais provável para ruptura.	211
Tabela 5. 43 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo de ocupação.	212
Tabela 5. 44 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo área ocupada pelo uso na cela.	213
Tabela 5. 45 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo número de taludes artificiais.	214
Tabela 5. 46 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo declividade das encostas.	215
Tabela 5. 47 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo amplitude de relevo.	216
Tabela 5. 48 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo comprimento das encostas.	217
Tabela 5. 49 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo curvatura das encostas.	218
Tabela 5. 50 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo trajetória	219
Tabela 5. 51 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo número de superfícies.	220
Tabela 5. 52 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo posição na encosta.	221
Tabela 5. 53 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo de vegetação.	222
Tabela 5. 54 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo área ocupada pela vegetação.	223
Tabela 5. 55 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo predominante de litologia	224
Tabela 5. 56 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipos de litologia que ocorrem na cela.	225
Tabela 5. 57 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo características de relação entre as litologias	226
Tabela 5. 58 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo resistência mecânica da litologia.	227
Tabela 5. 59 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo número de feições de movimentos de massa gravitacionais	228
Tabela 5. 60 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipos de feições de movimentos de massa gravitacionais.	229
Tabela 5. 61 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo área das feições de movimentos de massa gravitacionais em cada cela.	230
Tabela 5. 62 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo atividade das feições de movimentos de massa gravitacionais	231
Tabela 5. 63 – Matriz com os pesos finais relativos a aplicação da análise hierárquica para cada cela	233
Tabela 5. 64 – Matriz com os pesos finais relativos a aplicação da análise hierárquica para cada cela, sem o componente usos do solo	243
Tabela 5. 65 – Matriz com os pesos finais relativos a aplicação da análise hierárquica para cada cela, sem o componente usos do solo e vegetação.	253
Tabela 5. 66 – Classes finais definidas a partir dos INDICES FINAIS QUANTO A INSTABILIZAÇÃO DAS ENCOSTAS (IFIE).	265
Tabela 5. 67 – Principais medidas e alternativas que nortearam a tomada de decisão.	267

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP – Processo Analítico Hierárquico
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
AM/FM – Sistemas de Mapeamento Automatizado e Gerenciamento de Equipamento (Automated mapping / Facility management)
BD – Banco de Dados
CAD – Desenho Auxiliado por Computador (Computer aided design)
CAM – Sistemas de Mapeamento Auxiliado por Computador (Computer aided mapping)
CECA – Centro de Cadastros Ambientais
CTC – Capacidade de Troca Catiônica
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
EIS – Sistema de Informação Executivas
FDPI – Planejamento Flexível e Integração Dinâmica
GUI – Interface Gráfica (Graphical user interface)
IGA – Instituto de Geociências Aplicadas.
IPDSS – Sistema de Suporte a Decisão para o Planejamento Integrado
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IS – Sistema de Informação
LDD – Linguagem de Dados
LMD – Linguagem de Manipulação de Dados
MADM – Tomada de Decisão Multiatributo
MCDM – Tomada de Decisão Multicriterial.
MDT – Modelo Digital de Terreno
MIS – Sistema de Administração da Informação
MMG – Movimentos de Massa Gravitacionais
MNT – Modelo Numérico de Terreno
MODM – Tomada de Decisão Multiobjetivo.
PTU – Planejamento Territorial e Urbano
RFFSA – Rede Ferroviária Federal S.A.
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
SD – Suporte a Decisão
SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SSD – Sistema de Suporte a Decisão (DSS)
TD – Tomada de Decisão
URCS - Unified Classification Rock System

RESUMO

Os resultados apresentados neste trabalho são fruto de um estudo desenvolvido com o objetivo de propor uma sistemática simples de uso de informações geológico-geotécnicas geradas por mapeamentos geotécnicos para embasar Tomadas de Decisão relacionadas a Movimentos de Massa Gravitacionais em áreas urbanizadas. Uma parcela da área urbanizada de Ouro Preto (MG) foi escolhida para aplicação da sistemática em função da existência de dados geológico-geotécnicos produzidos por diversos trabalhos de mapeamento geotécnico desenvolvidos em escalas maiores que 1:10.000, e por ser uma região afetada por Movimentos de Massa Gravitacionais de diferentes intensidades. A sistemática desenvolvida é constituída por 10 etapas seqüenciais, que contemplam desde a análise básica dos dados existentes até o gerenciamento e armazenamento das informações relacionadas à Tomada de Decisão. A área de aplicação foi dividida em 736 celas, e o grau de predisposição quanto aos Movimentos de Massa Gravitacionais para cada cela foi obtido com o emprego do método de análise hierárquica (AHP), considerando um grupo de 24 atributos. A tomada de decisão considerou 7 diferentes alternativas de controle, monitoramento e intervenção.

ABSTRACT

The results presented in this work were obtained in an study developed to propose a basic systematic to use geotechnical and geological data generated by engineering geological mapping as support for decision making related to gravitacional mass movements in urbanized areas. Portion of the urbanized area of Ouro Preto (MG) city was chosen to carry out of the systematic due to geotechnical-geological data produced by several engineering geological mapping developed in larger scales than 1:10.000, and because it has been affected by gravitational mass movements of different intensities. The developed systematic is constituted by 10 sequential stages, that go from analysis in terms of adequacy of the previous data to the administration and storage of the data related to the decision making. The study area was divided into 736 cells, and the predisposition degree related to the gravitational mass movements for each cell was obtained by Analytic Hierarchy Process (AHP), considering a group of 24 attributes. The decision making considered 7 different monitoring, intervention, and control alternatives.

1 – INTRODUÇÃO

Movimentos de massa gravitacionais são alguns dos mais importantes processos naturais que ocorrem no meio físico devido as suas características geológicas, geomorfológicas e climáticas que, muitas vezes, associadas a condicionantes antrópicos, contribuem para a instalação de situações de risco, produzindo assim, perdas econômicas e sociais.

Diversos autores e entidades vêm desenvolvendo métodos e técnicas de identificação e análise de movimentos de massa gravitacionais que objetivam o reconhecimento da potencialidade de deflagração, os tipos e processos envolvidos, bem como os fatores e agentes por eles responsáveis.

O desenvolvimento de novas tecnologias para análise e controle da ocorrência dos movimentos de massa gravitacionais vem de encontro à demanda sócio-econômica oriunda da deflagração destes processos. Esse desenvolvimento é traduzido tanto pela elaboração de novas propostas metodológicas quanto pela utilização de técnicas computacionais como o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Sistemas de Suporte a Decisão (SSD) dentre outros.

Um dos pontos mais importantes neste processo é a realização de um inventário, onde um elevado número de fatores é minuciosamente catalogado, descrito e correlacionado, o que envolve uma combinação de levantamentos em fotografias aéreas, mapas derivados e trabalhos de campo, onde os fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, vegetação, bem como todos aqueles que venham a influenciar a deflagração dos processos, são relacionados e analisados para cada um dos eventos.

Desta maneira, o desenvolvimento de um banco de dados automatizado e sua associação a um SIG, uma ferramenta de fundamental importância na análise e posterior identificação da susceptibilidade e dos riscos, torna-se um instrumento indispensável.

O estágio atual de desenvolvimento de trabalhos em Geoprocessamento ligados à área de movimentos de massa gravitacionais é pouco significativo, o que tem levado a uma perda muito grande de informações que poderiam ser utilizadas para os mais diversos fins como o planejamento de uso do solo, estudos geoambientais, dentre outros.

No Brasil existem mais de 5.700 municípios e na grande maioria deles há problemas decorrentes da ação de processos geológicos que provocam perdas significativas (riscos), sejam estas na área urbana ou rural.

Devido à complexidade e inter-relacionamento espacial dos fatores envolvidos na análise e avaliação de riscos ligados aos processos naturais, torna-se essencial o desenvolvimento de um sistema que permita a consulta rápida às informações e a manipulação destes dados de maneira integrada, numa análise multicriterial.

Um dos problemas atuais é considerar o limite entre área urbana e a rural, pois há uma zona de transição que ora é considerada como urbana outra como rural.

Neste contexto, o entendimento do conceito e influências da área urbana ou região urbanizada é fundamental quando se pretende desenvolver estudos que considerem a tomada de decisão para estas áreas ou regiões.

Região urbana ou urbanizada é o espaço físico ocupado por um conjunto de elementos antrópicos que sustentam uma população que vive neste espaço, sendo caracterizada por diferentes densidades populacionais, estruturadas das mais diferentes maneiras, que exigem diferentes níveis de vida e apresentam diferentes graus de vulnerabilidade frente aos problemas naturais ou antrópicos. A característica fundamental é que a mesma não respeita os limites políticos o que conduz a diferentes tipos de visão administrativa (Güell, 1997).

De outra forma, pode-se definir a região urbanizada como o conjunto dos componentes de um ecossistema onde as atividades humanas estão interligadas aos outros componentes enquanto o sistema evolui dinamicamente. Assim, qualquer alteração espacial e/ou estrutural em uma parte ou elemento provoca uma reação em cadeia atingindo as outras partes e/ou elementos de maneira direta ou indireta, cumulativamente ou não.

Portanto, considerando o enfoque sistêmico no contexto do planejamento estratégico urbano, uma Região Urbanizada é caracterizada pela dinâmica dos processos, associada a uma intensa interação entre as alterações que ocorrem em um espaço físico, o que produz uma grande complexidade das análises.

O Planejamento Estratégico, segundo o conceito de Güell (1997), objetiva o predomínio do processo ao invés do predomínio do produto, possuindo uma visão integrada e coordenada ao invés da setorial. Além disso, visa os aspectos de gestão e reflexão estratégica e não normativa, considerando os critérios de custo-benefício ao invés da fixação de objetivos, voltado às necessidades da demanda e não da oferta urbana, buscando a superação dos limites administrativos com uma participação focalizada e não aberta.

Do ponto de vista do Planejamento Estratégico é fundamental adotar técnicas relacionadas à Teoria Geral dos Sistemas que tem como objetivo, formular modelos, princípios e leis aplicadas aos sistemas generalizados (grupo de elementos em interação) sem

importar com seu gênero específico, elementos e forças que agem entre eles (Forrester, 1961; Bertalanffy, 1976).

Atualmente, grande parte da população encontra-se concentrada em pequenas extensões territoriais, muitas vezes apresentando alta densidade de ocupação, outras vezes, baixa, mas geralmente de maneira heterogênea e aleatória. Devido à dispersão da ocupação urbana atual, não existem áreas que sejam bem delimitadas como urbanas ou rurais. O que realmente ocorre são regiões urbanizadas que separam extensões variáveis entre alguns ou vários km² de extensão, assim, a organização das formas de ocupação e a sua administração é função das diferentes características do meio ambiente (físico, biótico e antrópico) de cada parcela da região urbana ou urbanizada.

A partir destes aspectos é necessário considerar que a melhor forma de conduzir a administração de regiões urbanas (ou urbanizadas) é respeitar os preceitos de um planejamento estratégico, pois o desenvolvimento adequado deste tipo de região não deve ser visto a curto, médio ou longo prazo, mas sim como contínuo e com crescente aumento das necessidades básicas para manter a qualidade de vida.

Metodologicamente, o enfoque sistêmico (Figura 1.1) busca resolver os desequilíbrios surgidos da ocupação urbana, através de uma análise equilibrada dos sistemas das atividades urbanas, conservação e gestão dos recursos naturais, previsão de problemas naturais e pela qualidade de vida. Assim, as regiões urbanizadas e os espaços físicos (território) onde estão assentadas podem ser entendidos como um sistema funcional, ou seja, um conjunto de componentes que interferem diretamente nos aspectos que são considerados para atingir os objetivos finais.

Desta forma os profissionais, as empresas e as instituições que atuam em uma série de necessidades de origem natural, infra-estrutura e serviços, estão relacionados a um espaço físico-territorial (entorno) e só atingem seus objetivos quando estão adaptados às características e necessidade de alteração.

Assim, como parte dos componentes do entorno, encontram-se os fatores do meio físico e biótico que sustentam os outros fatores de ordem antrópica.

Para a adoção de um planejamento estratégico para uma Região Urbanizada é necessário que determinados aspectos sejam considerados básicos em termos de conhecimento sobre esta região, a saber:

- 1 - conhecimento atualizado de todos os componentes antrópicos e seus problemas;
- 2 - conhecimento de todos os componentes do entorno;
- 3 - conhecimento das limitações dos diversos componentes do entorno.

A partir do conhecimento destes aspectos é possível desenvolver uma metodologia para implantar um planejamento estratégico que envolva um conjunto de etapas como organização, análises, modelos, propostas e execução.

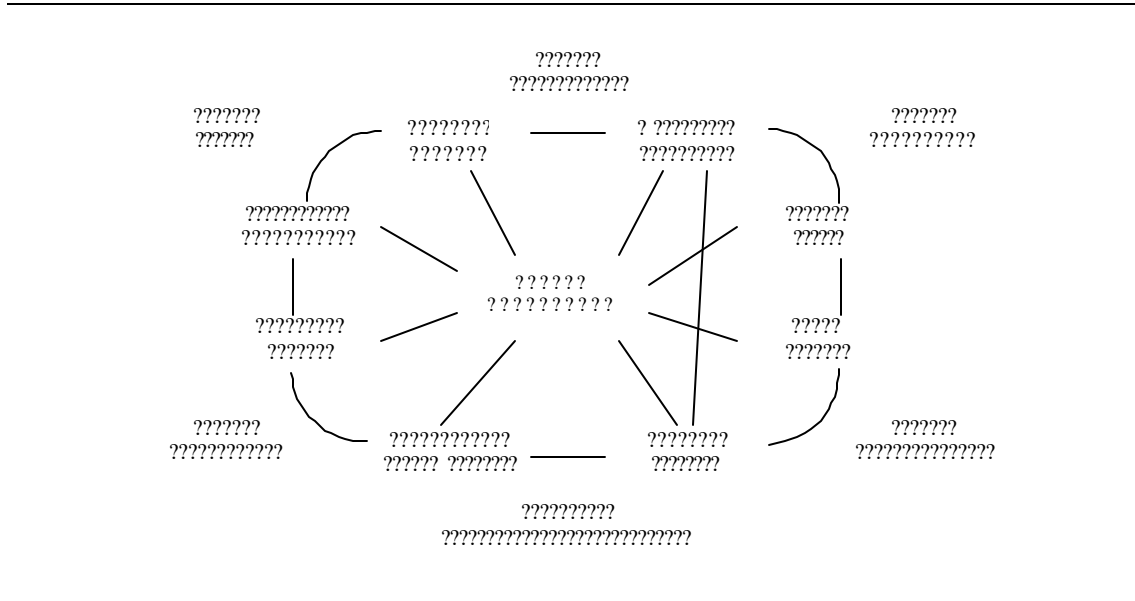


Figura 1. 1 – Sistema funcional de representação de uma região urbanizada (modificado de Güell, 1997).

Para as regiões urbanizadas no Brasil, estudos que tenham como objetivos - atualizar os conhecimentos sobre os diferentes componentes do sistema funcional - devem ser base para a aplicação do planejamento estratégico, e somente a partir deste ponto, devem ser aplicadas às metodologias de desenvolvimento.

Exatamente neste ponto, onde a seleção do enfoque metodológico ocorre, devem ser considerados os princípios do desenvolvimento sustentado, ou melhor, do equilíbrio e/ou recuperação do equilíbrio ambiental. A identificação de temas críticos é um dos pontos chave para o planejamento estratégico e a conseqüente implantação de projetos e planos de ação, portanto, a metodologia geral deste trabalho será baseada na proposta de Güell (1997), com as alterações necessárias à identificação dos temas críticos propostos no estudo (Figura 1.2).

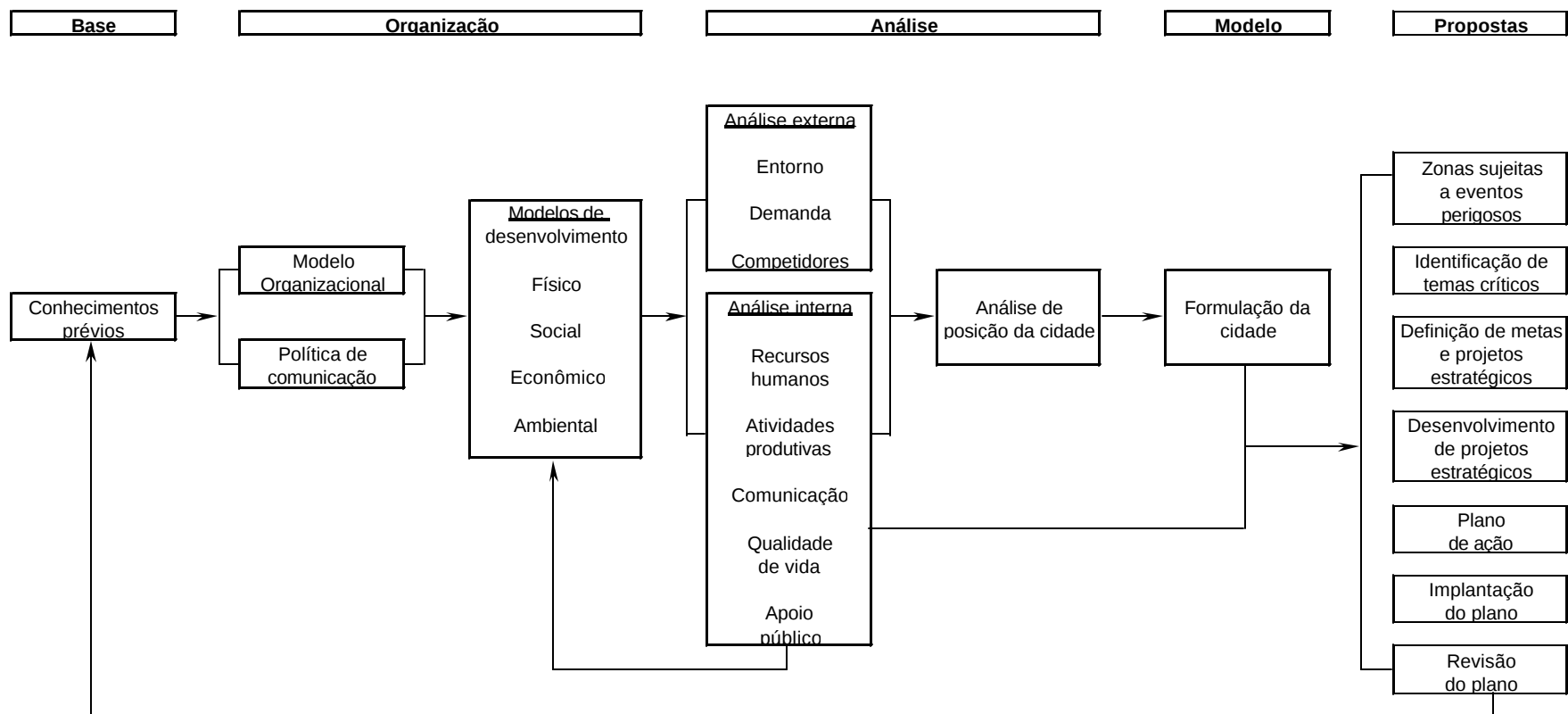


Figura 1. 2 - Proposta de procedimentos para um Planejamento Estratégico (modificado de Güell, 1997)

Dentre os diferentes temas críticos enquadram-se às zonas sujeitas a ação de eventos perigosos naturais e tecnológicos, que podem provocar danos e perdas econômicas e humanas, ou seja, áreas/zonas sujeitas a graus de riscos diversos. Estas perdas e danos decorrentes destes eventos perigosos naturais são da ordem de 10 bilhões de reais/ano no Brasil, ou seja, um valor maior que o orçamento anual da maioria dos estados do País.

Estes eventos perigosos atingem regiões urbanizadas de diferentes extensões e alteram profundamente as relações entre seus componentes, afetando a qualidade de vida e onerando a sociedade além do suportável economicamente.

O manejo de zonas com diferentes graus de risco exige a tomada de decisão quanto aos aspectos: sociais, estruturais e de manutenção.

Para atender estes pontos é fundamental o conhecimento dos componentes do meio ambiente, relacionados ao evento perigoso/risco e suas variações espaciais e temporais.

Segundo Fell & Hartford (1997), os processos envolvendo riscos compreendem três componentes:

- 1 - análise de risco;
- 2 - avaliação de risco;
- 3 - manejo ou gerenciamento do risco.

Estes três componentes estão relacionados no fluxograma seqüencial da figura 1.3.

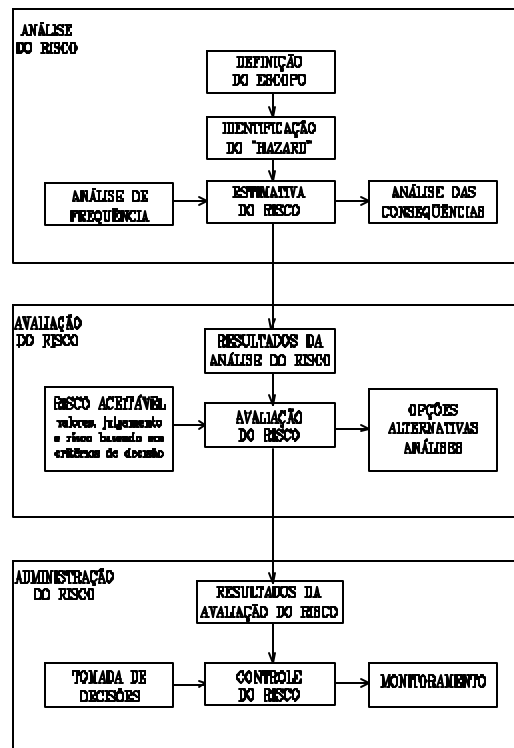


Figura 1. 3 - Componentes do processo de avaliação de riscos (Fell & Hartford, 1997 – modificado).

O manejo ou gerenciamento de zonas de risco é inteiramente dependente das fases de análise e avaliação, associadas a critérios de percepção de riscos e nível de risco aceitável.

Desta forma o manejo de áreas sujeitas a riscos associados a eventos perigosos exige o uso dos recursos da Teoria Geral dos Sistemas por meio do emprego de um DSS (Sistema de Suporte a Decisão) que considere os seguintes pontos:

- a. uso de curvas do tipo f-N e F-N (elaborada a partir de uma planilha – Tabela 1.1);
- b. análise quanto aos aspectos de risco individual e social;
- c. adoção de critérios para risco aceitável;
- d. percepção e aceitação do nível de risco;
- e. medidas sociais, estruturais e de manutenção frente aos diferentes níveis de risco.

No sentido de aplicar um DSS com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão em termos de zonas sujeitas a movimentos de massa gravitacionais é fundamental contar com os seguintes suportes:

1. conhecimento adequado e em escala compatível de todos os componentes do meio ambiente envolvidos.
2. banco de dados suportado em diferentes softwares que permita armazenar informações espaciais e temporais.
3. conjunto de softwares em interação que permita análises espaciais, temporais e definição de modelos.
4. associação de equipamentos de informática que permitam atender ao fluxograma, relacionado a informações (Figura 1.4)
5. profissionais que tenham conhecimento sobre o tema e para desenvolver o funcionamento do sistema.

Neste contexto é fundamental que as informações sejam georreferenciadas e que possibilitem a exatidão do processo.

Definições de DSS enfatizam a necessidade do suporte a decisão semi-estruturado e não estruturado. Entretanto, existe um consenso geral nas definições de DSS de que a interface, o banco de dados e os componentes do modelo são imprescindíveis para um completo suporte à decisão.

Sendo o Brasil um país de dimensões continentais e considerando-se a grande carência de informações adequadas para a tomada de decisão sobre os problemas urbanos e rurais, o uso de sistemas de suporte a decisão concorre para o aproveitamento de dados obtidos em levantamentos executados para os mais diversos fins, possibilitando o tratamento das

informações afim de reutilizá-las para diversos tipos de análises necessárias ao planejamento urbano.

Tabela 1. 1 - Análise das variáveis para seleção das curvas tipo f-N e F-N.

MODO DE RUPTURA			EXPOSIÇÃO					
Deflagração do evento	Componentes	Mecanismos de ruptura	Probabilidade do modo de ruptura	Período diário	Probabilidade	Incremento de perda de vidas (n)	Probabilidade de f(n)	Risco
			(A)		(B)	(C)	(A x B)	(A x B) x C

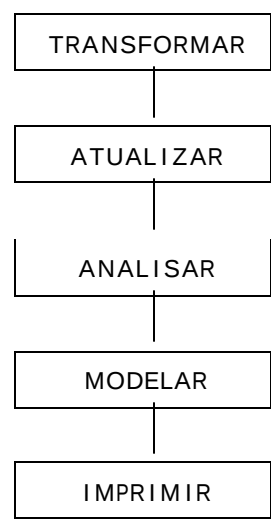


Figura 1. 4 - Seqüência de informações relacionada a um DSS.

Os objetivos desta Tese é, portanto, o de propor um grupo de procedimentos para auxiliar a Tomada de Decisão (TD) na avaliação de áreas sujeitas a Movimentos de Massa Gravitacionais (M.M.G) em áreas urbanas ou urbanizadas, com base em dados reais existentes.

O grupo de procedimentos tem por finalidade permitir ao usuário decidir por uma ou mais medidas a serem adotadas e implementadas em uma região urbanizada.

A área escolhida como base para a aplicação dos procedimentos é uma porção da Serra de Ouro Preto, na cidade de Ouro Preto (MG) por apresentar de um conjunto de estudos que servirão com a base de dados, necessária ao cumprimento de uma das etapas da metodologia apresentada.

Em resumo, o que se pretende com o desenvolvimento deste trabalho é demonstrar que o uso de informações existentes, desde aquelas individualizadas (como valores de declividade) ou aquelas que já incorporam algum tipo de tratamento (como as cartas de

predisposição a eventos perigosos) podem servir de base para a tomada de decisão em termos do planejamento territorial urbano.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A proposta metodológica, objeto deste trabalho, foi desenvolvida a partir das bases teóricas que serão apresentadas nos capítulos 2 (revisão bibliográfica) e 3 (planejamento territorial urbano) e será desenvolvida no capítulo 4 (metodologia).

2.1 – Aspectos Relacionados à Integração de Informações para o Planejamento

Desde os primórdios da civilização, o Homem vem usando os recursos naturais sem as devidas cautelas. Primitivamente utilizou tais recursos com o intuito de se alimentar e se vestir de forma rudimentar. Tais necessidades tão elementares se comparam com as exigências atuais do Homem urbano, produzindo fortes impactos e incidências sobre o meio natural.

Não obstante, há dois aspectos fundamentais que diferenciam completamente o problema atual dos de outras épocas: (a) escala mundial do processo de degradação, como consequência do aumento demográfico verificado na atualidade, (b) o exagerado crescimento da capacidade de transformação do meio ambiente, que muitas vezes foge das possibilidades de previsão e controle, pela evidente falta de mecanismos de autoajuste do sistema.

A preocupação com as questões ambientais se fortaleceu a partir dos anos 70, sobretudo após a I Conferência de Estocolmo sobre Meio Ambiente Humano, em 1972. Essa preocupação iniciou-se nos países mais desenvolvidos com relação à contaminação e destruição ou esgotamento dos recursos naturais seguido da manutenção do equilíbrio ecológico e paisagístico, que acabaram por se incluir na temática dos recursos ambientais.

As constantes contradições entre as formas de abordagem da problemática ambiental pelas regiões industrializadas/desenvolvidas e por aquelas em via de desenvolvimento, sempre passam pela difícil relação meio ambiente x desenvolvimento. Os primeiros propõem acentuados níveis de preservação e conservação dos recursos e baixos índices de contaminação, enquanto os outros defendem o máximo aproveitamento dos mesmos recursos, de maneira a satisfazer às necessidades básicas das populações.

Tal dicotomia é verificada no âmbito de países como o Brasil, provocada pelo desequilíbrio no desenvolvimento das diferentes regiões geográficas, sendo muitas as causas que produzem esta situação, podendo-se destacar, sinteticamente, as seguintes: escassez de informações sobre os espaços passíveis de ocupação; não consideração do Homem como componente maior do ecossistema; não inclusão de custos e benefícios sociais na avaliação de

programas e projetos; planejamento e gestão fragmentados e setorializados dos recursos naturais, além da total predominância do interesse privado e de curto prazo sobre o público.

Portanto, qualquer que seja o enfoque adotado para a solução dos problemas, deve-se estar atento aos seguintes princípios:

- a) levantamento de informações básicas e complementares sobre as diferentes áreas;
- b) preservação dos recursos naturais não renováveis;
- c) manejo racional dos recursos renováveis

A evolução gradativa do tema “planejamento do desenvolvimento e o meio ambiente”, tem possibilitado o enriquecimento de conceitos e metodologias para o estabelecimento de interações entre ambos, proporcionando o surgimento de novos instrumentos de análise que contemplam o meio físico, não do ponto de vista estático, como simples oferta dos recursos naturais, mas sim com enfoque dinâmico, preocupado essencialmente, haja vista as inter-relações existentes, com a sociedade.

Quando se trata do estudo do meio físico onde se desenvolvem as ações para as quais se planeja, a gestão ambiental sugere que, através do conhecimento do comportamento e inter-relações dos sistemas naturais (e até mesmo sociais), sejam otimizar os usos alternativos dos recursos, tratando de superar a visão limitada da gestão como ação meramente corretiva, para se dar maior alcance, através de ação preventiva e, mais ainda, ordenadora do espaço e do manejo dos recursos ambientais.

2.2.1 – Aspectos Conceituais

Considerando que trabalhos ligados a administração de dados, geoprocessamento e sistemas de suporte a decisão podem ser direcionados para várias áreas do conhecimento, torna-se necessário, para o correto entendimento, a definição de alguns conceitos que serão usados ao longo deste trabalho.

PTU – Planejamento Territorial e Urbano

O Planejamento Territorial e Urbano consiste em trabalhos de ordenamento territorial que objetivam normatizar a ocupação do espaço, buscando racionalizar a gestão do território, com vistas a um processo de desenvolvimento sustentado (Câmara & Medeiros, 1998).

A diversidade de aplicações do sistema de informações geográficas (SIG) para o planejamento está diretamente ligada ao número de usuários de diferentes perfis técnicos que o utilizarão.

Segundo Zuquette (1993), o ato de planejar é entendido como a adoção de um conjunto de decisões, baseadas em características técnicas do meio ambiente, nas necessidades da sociedade e nos fatores operacionais para uma dada região. Esse processo

exige uma sequência de etapas com a elaboração de documentos específicos que orientarão na definição e implementação de planos.

DSS – Sistema de Suporte a Decisão (Decision support system)

É um sistema computacional interativo destinado a auxiliar na tomada de decisões utilizando dados e modelos para identificar e resolver problemas. Este sistema auxilia os administradores na solução de problemas não programados, não estruturados (ou semi-estruturados) e deve ser de fácil entendimento e utilização. O DSS auxilia o administrador no uso e manipulação de dados (listados ou heurísticos) e na construção e uso de modelos matemáticos.

De acordo com Turban (1995) um DSS possui quatro características principais:

1. incorpora dados e modelos;
2. é projetado para auxiliar os administradores em seus processos de decisão em trabalhos semi-estruturados (ou não estruturados);
3. é uma ferramenta auxiliar que não substitui uma análise controlada;
4. seus objetivos são no sentido de melhorar a eficiência das decisões e não a eficiência com que cada decisão é tomada.

IPDSS – Sistema de Suporte a Decisão para o Planejamento Integrado (Integrated planning decision support system)

É uma ferramenta projetada como um Sistema de Suporte a Decisão (DSS) para auxiliar governos e comunidades na análise dos perigos naturais e na avaliação de vulnerabilidade com o objetivo de mitigar os riscos.(Mejía-Navarro & Garcia, 1994). É desenvolvida para auxiliar planejadores, administradores e urbanistas na organização, análise, alteração e avaliação das informações espaciais existentes ou necessárias para as atividades de planejamento do uso do solo, melhorando as condições de estabilidade e mitigando os riscos. Este sistema pode incorporar informações sobre topografia, litologia, pedologia, geologia, estrutural, geomorfologia, cobertura vegetal, uso do solo, hidrologia, precipitação, além de dados históricos de eventos de risco, dentre outros.

Modelagem

A modelagem de dados é um processo de discretização que converte realidades complexas em um finito número de registro em bancos de dados. Estes registros, ou objetos são expressões gráficas como pontos, linhas, áreas, ou descritivas como atributos, etc.

Durante o processo de solução de problemas usando SIG, é necessário identificar todos os objetos do mundo real necessários para o trabalho. Em seguida, é preciso extrair um conjunto de características de cada objeto identificado, em um processo de abstração, a base

da modelagem de dados. Neste processo, determinados aspectos do objeto são desprezados, e são determinadas as características essenciais para que o seu comportamento ou funcionamento sejam adequadamente incorporados ao sistema. São descritas tanto as características geométricas, que nos possibilitam visualizar o objeto em tela ou no papel, quanto às características descritivas, codificadas alfanumericamente, que contêm informações adicionais sobre o objeto (Davis, 2001).

MNT – Modelo Numérico de Terreno

O Modelo Numérico de Terreno é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Podem ser utilizados para modelar as mais variadas grandezas como altimetria, teor de minerais, propriedades do solo (acidez, teor de matéria orgânica, CTC, etc.).

O MNT pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos com coordenadas x , y , em um determinado referencial com os atributos z , que descrevem a variação contínua da superfície.

De acordo com Câmara & Medeiros (1998), os modelos numéricos de terreno podem ser convertidos para mapas temáticos e imagens. Em ambos os casos a grandeza numérica é quantificada, seja para um número pequeno de valores (mapas temáticos) ou para a variação associada a imagens (valores discretos).

BD – Bancos de Dados

Um *Banco de Dados* consiste em um conjunto de informações ou dados organizados de um modo particular e sobre um determinado tema. A unidade básica de informações em um banco de dados chama-se registro. Cada registro de um banco de dados contém dois ou mais campos que sustentam tipos específicos de informações. Cada entrada do banco de dados constitui um registro. Cada registro do banco de dados contém campos que separam itens de informações (nome, endereço, etc.) que, por sua vez, são repetitivos para todos os registros e recebem nomes para identificar os dados que contêm.

Os sistemas de armazenamento de informações (na forma de bancos de dados) em todas as áreas do conhecimento são, atualmente, muito difundidos, tanto em termos nacionais quanto internacionais. Existe, mundialmente, uma grande quantidade de bancos de dados geotécnicos, (Ferreira, 1988; Assad & Sano, 1993; Calijuri, 1996).

Segundo Ferreira (1988), um banco de dados pode ser criado para utilização em qualquer área do conhecimento bastando, para tanto, selecionar todas as possíveis informações de interesse do usuário.

Em um banco de dados são considerados três componentes básicos: uma coleção de tipos de objetos, uma coleção de operadores e uma coleção de regras de integridade (Codd, 1981 *apud* Perez, *et al.*, 1997).

Os bancos de dados, em geral, apresentam inúmeras vantagens. Dentre elas podem ser destacadas: o fornecimento rápido e menor subjetividade das informações; permitir revisões e atualizações das informações; preservação dos dados; possibilidade ilimitada de acoplamento de novos sistemas de tratamento, representação e interpretação (adaptado de Thomas, 1974 *apud* Zuquette, 1987), além de permitir o armazenamento de um grande número de dados; possibilitar inter-relações de mapas com dados discretos e permitir grande flexibilidade no acesso (Ferreira, 1988).

A diferenciação entre os bancos de dados atualmente existentes vai desde o “Hardware” até os tipos de informação armazenadas e as formas de recuperação. Dentre eles há os que manipulam grande quantidade de dados produzindo documentos específicos e os que trabalham com menor diversidade de dados e produzem tratamentos altamente requintados (Ferreira, *op cit.*).

Quanto ao Mapeamento Geotécnico, Zuquette (1987) afirma que as informações arquivadas nos bancos de dados são de caráter temporário e que as avaliações e interpretações efetuadas devem ser revistas sempre que houver algum tipo de modificação dos dados básicos ou quando forem efetuadas novas investigações. Para tanto, torna-se imprescindível a implantação de um banco de dados organizado e facilmente gerenciável.

Moreira & Zuquette (1992) afirmam que um Banco de Dados voltado para a área de mapeamento geotécnico (urbano ou regional) é considerado ideal quando apresenta as seguintes características:

- ? possibilidade de coleta de informações diversas de fontes diferentes, padronizá-las e utilizar uma ficha para entrada de dados (Figura 2.1);
- ? flexibilidade, permitindo adequação da escala com o fim, atualização dos dados e acoplamento a outros sistemas;
- ? tratamento adequado com modelos geomatemáticos, ponderação dos dados quanto ao fim específico de trabalho (Tabela 2.1);
- ? possibilidade de utilização de equipamentos simples mas modernos (micro, impressora, plotter, mesa digitalizadora e scanner);
- ? promove segurança e conservação dos dados;
- ? permite consultas eficientes com acesso simples e rápido, significando economia em tempo e carga de trabalho.

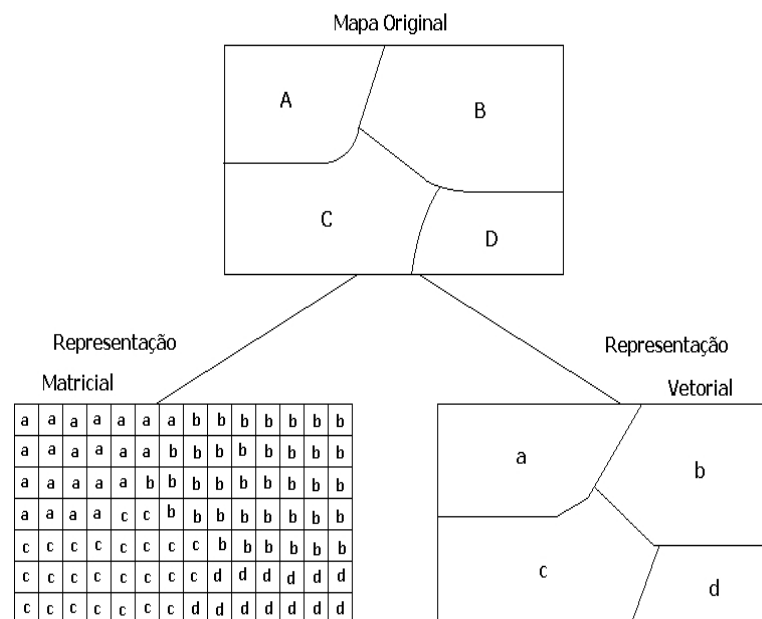


Figura 2. 1 - Representação matricial e vetorial

Tabela 2. 1 - Comparação entre as estruturas vetorial e matricial (Rocha, 2000)

ASPECTOS	FORMATO VETORIAL	FORMATO RASTER
Relações espaciais entre objetos	Armazena informações sobre relacionamentos	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com bancos de dados	Facilita associar atributo e elementos gráficos	Associa atributos apenas à classe do mapa.
Análise, simulação e modelagem.	Representação indireta de fenômenos contínuos. Álgebra de mapas é limitada	Representa melhor o fenômeno com variação contínua no espaço. Maior facilidade para modelagem e simulação.
Algoritmos	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido
Escalas	Adequado para pequenas ou grandes escalas	Mais adequado para pequenas escalas (1:25.000 e menores)
Armazenagem	Por coordenadas (mais eficiente)	Por matrizes
Aplicações	Redes: concessionárias de Água, Esgoto, Lixo, Energia, Telefonia, Transporte, etc.	Ambientais: Diagnóstico, Zoneamento, Planejamento, Gerenciamento, Manejo, Gestão Ambiental.

SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

São sistemas responsáveis por armazenar, incluir, eliminar, classificar e atualizar os dados, além de fornecer serviços capazes de manipulá-los. Para isso, os SGBD possuem uma forma estruturada padrão de representação dos registros e campos, além de um mecanismo interno para manter os dados no disco e localizar cada um de seus elementos.

GUI – Interface Gráfica (Graphical user interface)

Definido como uma combinação de janelas, menus e ícones projetados para auxiliar ao usuário a navegação rápida e fácil pelo programa. A interface gráfica permite ao usuário executar alterações durante a implementação da análise dos modelos e ver os resultados imediatamente. Dependendo dos critérios definidos para uma feição ou classe de feições, a interface gráfica permite ao usuário a visualização de como estas irão reagir, além de permitir que estas análises sejam armazenadas e facilmente recuperadas.

SIG – Sistema de Informações Geográficas (Geographic information system)

É um sistema computacional capaz de permitir a reunião, armazenamento, manipulação e apresentação de informações georreferenciadas (identificar dados de acordo com sua localização). Estas informações (dados) são obtidas e/ou arquivados nos bancos de dados do próprio sistema para possibilitar a execução de análises complexas.

Segundo Oliveira (1999) é uma tecnologia informatizada que permite o relacionamento de cada elemento do nosso universo à sua posição geográfica (coordenadas Polares, UTM, etc.) e às suas respectivas informações alfanuméricas (atributos) onde a TOPOLOGIA é o conjunto que define os relacionamentos entre os elementos da geometria (links), sua localização e as informações gráficas e alfanuméricas.

Segundo Jimenez (1995) *apud* Grecchi (1997), um Sistema de Informações Geográficas pode ser definido como “um agrupamento de equipamentos e programas de computador que permitem: entrada e edição; armazenamento; questionamento e acessos de informações; transformação; análise; demonstração e impressão de informações espaciais; sendo que, todas as informações são georreferenciadas (localizadas por meio de coordenadas geográficas em relação a algum sistema de referência)”.

A distinção entre os programas SIG e programas gráficos ou de desenho/projeto auxiliados por computador consiste na capacidade do SIG de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos e permitirem combinações e superposições de diversos tipos de informações tais como: mapas topográficos, temáticos, fotografias aéreas, imagens de satélite, etc.

Os programas SIG compreendem uma associação de “Hardwares” e “Softwares” que, segundo Burrough (1986) pode ser definido como uma poderosa ferramenta para coleta, estocagem, retrabalhamento, transformação e disposição espacial dos dados reais para uma finalidade específica.

Os programas SIG são compostos por um banco de dados espaciais onde são descritas as características geográficas das superfícies do terreno (forma e posição) e um banco de dados de atributos onde são descritas as qualidades dessas características.

Eastman (1992) *apud* Calijuri & Rohm (1993), afirma que um SIG incorpora, além do sistema tradicional de gerenciamento de banco de dados (DBMS), uma variedade de utilitários para gerenciar os componentes espaciais e os atributos de dados geográficos armazenados.

O Sistema de Informação Geográfica é o mais adequado para execução de análise espacial dos dados geográficos e difere dos demais pela possibilidade de se estabelecer relações espaciais entre os elementos gráficos denominada “Topologia”.

A topologia é o estudo genérico dos lugares geométricos, com suas propriedades e relações que, além de descrever a localização e a geometria das entidades de um mapa, defini também as relações de conectividade (conectado a, ligado a, relacionado com), adjacência (vizinho a, ao lado de), proximidade, pertinência, continência e interseção (Rocha, 2000).

Além dos atributos gráficos, os programas SIG permitem a inclusão de informações alfanuméricas associadas a estes atributos mas que são armazenados em base de dados

CAD – Desenho Auxiliado por Computador (Computer aided design)

Sistemas CAD armazenam dados espaciais como entidades gráficas. Estes sistemas são freqüentemente utilizados em cartografia digital, acessando suas informações de forma seqüencial forçando a fragmentação das informações geográficas em diversos arquivos, ou seja, pode-se trabalhar com diversos mapas independente de sua continuidade lateral (o sistema não “vê” os objetos da divisa como um único). Os programas contemplam as visões de layout, transformações geométricas, projeções, rotações, ampliações e intervalos de uma peça e sua relação com outras peças.

CAM – Sistemas de Mapeamento Auxiliado por Computador (Computer aided mapping)

São utilizados para a produção de mapas. Reduzem o tempo de produção e são mais econômicos se comparados aos processos manuais uma vez que estão baseados em recursos de edição gráfica. Os dados são organizados em camadas (layers) que são utilizadas para a organização temática das entidades gráficas dos mapas ou para classificação dos tipos de elementos gráficos dos mapas. Estes sistemas apresentam resposta visual através da tela ou potagem mas não são capazes de executar análises do tipo “Qual a porcentagem de um determinado tipo de atributo tenho em uma determinada área?” pois os mesmo não possuem as ferramentas necessárias para tal análise.

AM/FM – Sistemas de Mapeamento Automatizado e Gerenciamento de Equipamento (Automated mapping / Facility management)

São baseados na tecnologia CAD, estes sistemas trabalham com arquivos gráficos e não-gráficos e são, usualmente, empregados no gerenciamento de sistemas de dados de serviços públicos pois dão ênfase ao armazenamento e análise de dados com a emissão de relatórios a partir dos dados armazenados no sistema.

AUTOCAD

É um software gráfico de CAD, não é apenas uma forma de desenhar no computador, mas uma forma de modelar o seu desenho por computador. Ele permite verificar e testar idéias diferentes para descobrir se realmente funcionam, através da verificação das dimensões enquanto trabalha.

SURFER

Software de interpolação para geração de curvas de isovalores e superfícies em três dimensões baseado em um grid. O arquivo “grid” é gerado pela interpolação dos dados de campo, que são obtidos com espaços irregulares, transformando-se em dados com espaçamento regular (arquivo com a extensão .GRD). O programa possui vários métodos de interpolação dos dados que devem ser selecionados conforme o tipo de dado que está sendo interpolado e que apresente o mapa de contorno (ou superfície) que melhor represente esses dados e a realidade local.

MMG – Movimentos de Massa Gravitacionais

São os movimentos induzidos pela aceleração gravitacional, exceto aquele nos quais o material é carregado diretamente por meio de agente transportador (água, gelo, neve, ar). São influenciados por fatores como litologia, hidrogeologia, geologia, estrutural, topografia, clima, vegetação, sísmica, antrópicos e erosão.

As classificações dos movimentos de massa baseiam-se, normalmente, em características da geometria, dinâmica das superfícies, tipos de materiais, cinemática do movimento e morfologia/morfogênese dos processos.

A classificação de Varnes (1978) é uma das mais utilizadas atualmente (Tabela 2.2) e considerada pela International Association of Engineering Geology - IAEG como a classificação oficial

Segundo Hutchinson (1988), a diversidade de fatores que interferem no processo de movimentos de massa gravitacionais resulta numa variedade de tipos e processos que impossibilitam uma total discretização de tipos na classificação. O autor propõe uma classificação (Tabela 2.3) onde são considerados os movimentos do tipo recuo, rastejo,

fraturamento de taludes de montanhas, escorregamentos, movimentos de detritos em forma de fluxo, tombamentos, quedas e movimentos complexos de taludes.

Tabela 2. 2- Classificação sintética dos movimentos de encosta (after Varnes, 1978 apud Sidle et al., 1985, modificado).

TIPO DE MOVIMENTO			TIPO DE MATERIAL			
			Rocha	SOLO (ENGENHARIA)		
				Grosseiro	Fino	
Quedas			rocha	detritos	terra	
Tombamentos			rocha	detritos	terra	
Escorregamentos	Rotacional	poucas unidades	abatimento de rocha blocos rochosos	abatimento de detritos blocos de detritos	abatimento de terra blocos de terra	
	Translacional	muitas unidades		rocha	detritos	terra
		Expansões Laterais		rocha	detritos	terra
Corridas / Escoamentos (*)			rocha (rastejo profundo)	detritos	terra	
				(rastejo de solo)		
COMPLEXOS: Combinação de 2 ou mais dos principais tipos de movimentos						

OBS.: O autor subdivide os diferentes tipos de corridas de acordo com a velocidade e o conteúdo d'água dos materiais mobilizados.

Tabela 2. 3 - Classificação sintética dos movimentos de massa subaéreos (Hutchinson, 1988 modificado).

TIPOS DE MOVIMENTOS FUNDAMENTAIS	PRINCIPAIS TIPOS DE OCORRÊNCIAS
A - RECUO ("REBOUND")	1 - ESCAVAÇÕES 2 - VALES NATURALMENTE ERODIDOS
B - RASTEJO ("CREEP")	1 - SUPERF. SAZONAL E DO MANTO DE ALTER. 2 - CONTÍNUO, PROFUNDAMENTE ASSENTADO E DE MASSA 3 - PRÉ-RUPTURA E PROGRESSIVO 4 - PÓS-RUPTURA
C - FRATURAMENTO NOS TALUDES DE MONTANHAS ("SAGGING OF MOUNTAIN SLOPES")	1 - UNILATERAL 2 - BILATERAL 3 - TOMBAMENTO MÚLTIPLO
D - ESCORREGAMENTOS ("LANDSLIDES")	1 - FRATURAS CONFINADAS 2 - ROTACIONAIS 3 - COMPOSTOS 4 - TRANSLACIONAIS
E - MOV. DE DETRITOS EM FORMA DE FLUXO ("DEBRIS MOV. OF FLOW - LIKE FORM")	
F - TOMBAMENTOS ("TOPPLES")	
G - QUEDAS ("FALLS")	1- PRIMÁRIAS 2 - SECUNDÁRIAS
H - MOVIMENTOS COMPLEXOS DE TALUDES ("COMPLEX SLOPE MOVEMENTS")	

Existem várias outras classificações além daquela apresentada por Varnes (1985) que se apresentam acrescidas ou modificadas em termos de peculiaridades dos profissionais e das regiões onde foram desenvolvidos os trabalhos que as originaram como exemplo: Sharpe, 1938; Nemcok *et al.*, 1972; Hasegawa, 1985; Sassa, 1985; Lansheng *et al.*, 1995, dentre outras, que podem ser observadas em um estudo comparativo, desenvolvido por Rodrigues, 1996.

Inventário

Um dos pontos mais importantes na execução de um trabalho que envolve a análise e avaliação de riscos é a execução de um inventário detalhado onde são levantadas, analisadas e correlacionadas todas as informações necessárias (Chacón *et al.*, 1994), obtendo-se, assim, uma base de dados morfométricos e tipológicos que garantem uma análise estatística conveniente dos fatores de estabilidade.

Qualquer que seja o nível de detalhe, a etapa relativa ao inventário é de fundamental importância pois é ela a responsável pela fonte dos documentos básicos que orientarão o uso e a ocupação, assim como possibilitarão o desenvolvimento das etapas seguintes.

Xavier-da-Silva & Carvalho Filho (1993) definem inventário como o levantamento das condições ambientais vigentes em uma certa extensão espacial, em uma ou várias ocasiões.

A execução de um inventário dos movimentos de massa gravitacionais envolve a combinação de levantamentos em fotografias aéreas, mapas e trabalhos de campo onde são obtidos os fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, dentre outros (El Hamdouni *et al.* 1996; Chacón *et al.* 1996) e constitui base para as etapas seguintes de uma análise de risco, que envolve a elaboração de Cartas de Hazard/Risco ou ainda a realização de trabalhos que visam a correção de problemas advindos dos movimentos de massa gravitacionais.

São encontradas na bibliografia, várias recomendações para execução de inventários: Záruaba & Mencl, 1969; Carrara & Merenda, 1976; Cotecchia, 1978; Varnes, 1985; UNESCO, 1990; WP/WLI, 1991; UNESCO - WP/WLI, 1993 e Rodrigues *et al.*, 1996 apresentam um estudo comparativo entre elas.

Hazard (Evento perigoso)

É um processo com potencial para causar conseqüências indesejáveis; devem ser descritos por zonas e magnitude. Sendo fenômenos naturais ou não, fatos sociais ou assemelhados que provocam algum tipo de perda aos componentes do meio ambiente, caracterizados principalmente pela intensidade. Entende-se intensidade para eventos perigosos

do meio físico como o volume de materiais inconsolidados, rochas, águas, ventos e características energéticas (movimentos) associadas.

A Carta de Zoneamento de Eventos Perigosos é um documento que registra as diferentes probabilidades ou potencialidades existentes para que ocorra um ou mais eventos perigosos em uma área num determinado período de tempo e com um nível de intensidade.

Vulnerabilidade

É o grau de perda para um dado elemento ou grupo de elementos dentro da área afetada, por exemplo, por um escorregamento.

Perigo

É um fenômeno natural (no caso do presente estudo: movimento de massa gravitacional) caracterizado mecânica e geometricamente.

Risco

É uma medida da probabilidade e severidade de um efeito adverso para a saúde, propriedade ou ambiente. O risco é, normalmente, o produto da probabilidade pela consequência. São avaliados para os elementos naturais ou antrópicos, frente a um evento perigoso condicionado a uma área e a um espaço de tempo.

Os elementos do risco são formas antrópicas, componentes ambientais e sociais na área potencialmente afetada pelo evento.

O risco aceitável é o nível de perdas aceitável pelos levantamentos do meio ambiente. Significa que a intensidade do evento é tal que medidas estruturais de segurança podem ser executadas com custo adequado, ou que a perda de vidas esteja dentro dos níveis considerados aceitáveis pelas autoridades dentro das condições econômicas e sociais; sendo que o nível de risco aceitável depende das condições de cada região ou país.

O risco individual é o risco de perda de vidas ou materiais de qualquer indivíduo que vive ou desenvolve atividades nos domínios da zona exposta ao evento.

Riscos para a sociedade são riscos de múltiplas perdas (ou mortes) para a sociedade como um todo, causado pelo evento.

Independente do tipo da fonte de riscos a avaliação de riscos é sempre o resultado decorrente da probabilidade de ocorrer um evento com determinada intensidade e da vulnerabilidade dos elementos do meio ambiente frente ao evento.

A Carta de Zoneamento de Risco é o documento elaborado a partir da Carta de Zoneamento de Eventos Perigosos e da vulnerabilidade dos elementos do sistema (naturais ou antrópicos) que registra os diferentes níveis de riscos que a região esta sujeita.

2.2.2 – Instrumentos para Obtenção e Integração das Informações

O planejamento é fundamental como instrumento de administração pública. No entanto, sem informações corretas, atuais e consistentes, não é possível planejar adequadamente. Isto porque o crescimento urbano é um processo espacial dinâmico, onde a compreensão da atualidade abrange a percepção histórica da evolução da cidade e também o potencial de mudanças para o futuro próximo (Davis, 2000).

Os administradores fazem, normalmente, diversas análises setoriais que com o auxílio do geoprocessamento, podem ter seu processo bastante simplificado, uma vez que o mesmo auxilia tanto na coleta como na representação, análise e visualização das informações, através dos recursos gráficos dos sistemas de informação.

Marinho (1998) afirma que em SIG existe a necessidade de se contar com um conjunto de dados que servem de base para as informações específicas de cada aplicação. Estes dados básicos freqüentemente envolvem informações cartográficas e estatística fundamentais, que serão compartilhadas por diversas aplicações. Além disso, sua própria disponibilidade serve como fomentadora de novas aplicações, tornada viáveis pelo trabalho já desenvolvido, e atraentes pela percepção da experiência adquirida no desenvolvimento das primeiras aplicações. Portanto, é necessário o estabelecimento de padrões de intercâmbio de informações, uma vez que estas precisam ser compartilhadas por diversos softwares e, além disso, considerar a qualidade e o nível de detalhamento destas.

Zuquette (1987) realça a importância da identificação e definição dos atributos necessários ao correto estabelecimento dos componentes dos mapas que devem considerar a grande variabilidade destes atributos que podem ser absolutos, presentes ou ausentes; qualitativos, quantitativos ou não mensuráveis; constantes ou variáveis no espaço e/ou no tempo; podendo ainda existir no espaço e no tempo com ou sem relações causa-efeito, uma vez que a preocupação básica quando da coleta das informações é que estas sejam representativas.

Zuquette (1993) apresenta um resumo das principais formas de ocupação que podem ser implantadas no Brasil (Tabela 2.4) além da definição dos fatores e atributos para o planejamento, relacionados às formas de ocupação (Tabela 2.5). O autor afirma que a obtenção dos atributos pode ser efetuada através de três procedimentos básicos:

- ? obtenção de atributos a partir do estabelecimento de malhas regulares;
- ? obtenção através de consulta de documentos isolados para cada componente do meio físico e produzidos por diferentes equipes;
- ? obtenção baseada num seqüencial básico.

Tabela 2. 4 Principais formas de ocupação que podem ser implantadas no Brasil (Zuquette, 1993).

URBANAS	REGIONAIS	RURAIS
1. Áreas residenciais 2. Vias de acesso 3. Barragens/aterros 4. Poços profundos 5. Parques industriais 6. Exploração de materiais para construção civil 7. Zonas de inundação 8. Áreas de recreação 9. Áreas sujeitas a processos naturais 10. Fossas e tanques sépticos 11. Loteamentos 12. Reservatórios superficiais (água potável, lazer, controle) 13. Obras enterradas (fundações, tubulações) 14. Canalizações 15. Estações de energia 16. Termoelétricas 17. Túneis 18. Ocupações com equipamentos sensíveis 19. Hortifrutigranjeiros 20. Aeroportos 21. Portos/Piers/Marinas 22. Aterros sanitários 23. Postos de combustível 24. Centros comerciais 25. Cemitérios 26. Usinas de compostagem 27. Incineradores 28. Estações de tratamento de água/esgoto 29. Terminais de petróleo 30. Termonucleares 31. Depósitos de produtos industriais 32. Depósitos subterrâneos reservatórios	1. Rodovias 2. Ferrovias 3. Linhas de transmissão 4. Dutos 5. Barragens (rejeitos, mineração, hidroelétricas, irrigação, piscicultura, água potável, controle de inundação) 6. Pólos industriais 7. Mineração 8. Canalizações 9. Locais para disposição de resíduos 10. Depósitos subterrâneos 11. Turismo 12. Processos de irrigação e lançamento de resíduos líquidos 13. Zonas de recargas específicas	1. Agroindústrias 2. Destilarias 3. Usinas de açúcar 4. Criadores 5. Fábricas e depósitos de fertilizantes 6. Abatedouros 7. Pecuária 8. Agricultura 9. Hortifrutigranjeiros 10. Projetos de irrigação 11. Agrovilas

Tabela 2. 5 – Definição dos fatores e atributos relacionados a cada tipo de ocupação (Zuquette, 1993)

DOCUMENTOS		C	C	M/C	M	C	C	M	M	CARTA				CARTA		M	M	C	M	C	C	M	M	C	M	C	M	M	C	M	M	M	M			
Fatores e Atributos		Fundações	Escavabilidade / Erosão	Profundidade Susstr. Robusto	Potencial Agrícola	Declividade	Profundidade NA	Qualidade Águas (subter/superf)	Para Disposição de Rejeitos				Drenabilidade	Escoramento Superficial	Taxa de Infiltração	Bacia Hidrológica (Tempo Concen.)	Landform	Movimento de Massa	Expansibilidade Colapsabilidade	Infiltração	Pot. Corrosvid. (aguamatricion.)	Equip. Públicos Existentes	Áreas de Recarga	Vulnerabilidade de Contamin. Água	Relação Estrutural/Relevo	Pot. Mineral e p/ Construção Civil	Índices Sócio-Econômicos	Climático	Flora	Fauna	Tecnogeno	Topográfico				
									Fossas	Tanque Séptico	Atorro Sanitário	Irrigação																					Espalhamento	Dep. Subterrâneo	Células Especiais	
Formas de Ocupação																																				
	1	Áreas Residenciais	1	1	0	0		0	0			0	0		0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0						0	0			
	2	Vias de Acesso	1	0	0	0		0	0						0	0		0	0	1	0	0	1	0	0		1	0	1	1	1	0	0			
	3	Barragem / Aterro	0	0	1	0	1	1	0						0	0	0	0	2	3	0	0	2	2					1	0	2	2	1	0		
	4	Poços Profundos						0	0	0	0	0	0	0	1		0	1		0	0	0	0	0	0				0	0			0			
	5	Parques Industriais	0	0	0	0		0	0					0	2	2	2	1	0	1		2	0	0	0	0				0	0			0		
	6	Materiais para Construção			1	0		0	0								0				0	0	0	0		0					1	1	0	1		
	7	Zonas de Inundação: Natural/Induzida					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1				0	0	0	0			0		
	8	Áreas de Recreação			0		0	0	0		0	0			0			0	0		0	0	0	1					1	0	0	1	2			
	9	Áreas de Ocorrência de Hazards				0	0	0	0					0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0			0		
	10	Rejeitos Sêpticos: Fossas/T. Sêpticos		0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1	0			0		0	0	0	0	0	0				0	0			1	0	
	11	Loteamentos	0	0	0		1	0	0	1	0	0				0	0	1	0	0	1	1	1	1		0	0			0	1	1	0	0		
	12	Reservatórios-Lazer, Água Potável					0	0	1	0	0			1	0	0		0	1	0	0	1	1	1		0	0			0	1	1	0	0		
	13	Obras Enterradas		0	0	0		0	0	0				1	0	0		0	1	0	0		1	0		0	0		0	1	1	1	0	0		
	14	Canalizações		0	0	0		0	0					0	0		0	1	0	0	0	1	1	0						0	1	1	0	0		
	15	Estações de Energia	1				1	0						0				0	0			1								0	0			1	0	
	16	Termo-Elétricas	1				1	1						1				0	0			0	0	0						0	0	1	1	1		
	17	Túneis		0	0	0		0	0					0	0	0		1	0	1	1	0		1	0			1					1	0		
	18	Ind./Hosp.equip. sensíveis	0			0		1	0			1		1		0	1	0	1		0		0	0						0	0	1	1	1		
	19	Hortifrutigranjeiros			0		0	1	0	0				0	1	1		0			0	0	0	0					0	0				2		
	20	Aeroportos	1	1			0	0						0	1			0	0	0	0	1	2	1					0	0			1	0		
	21	Portos				1								0				0	0	0	0	0				1			1	0			0	0		
	22	Aterros Sanitários		3	0	0	1	0	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
	23	Postos de Combustível	0	0		0		0		0	0			0				0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2		
	24	Centros Comercial / Serviços	1	1	0		1	0				0		0	1		0	1	1	0		0							0	0				0	0	
	25	Cemitérios			0	0		1	0			0			0	0		1	1			1	0	0						0	0			1	0	
	26	Usinas de Compostagem	1	1	1	1	0	0	0	0				0	0	0		1			0	0	0	0			1	0			0			0	0	
	27	Incineradores	1	1		1	0	1	0	0		0			0	0		0	0	0	0	0	0	0			1	0			0	0	0	1	1	
	28	Estações de Tratamento	0	0	0	1		0	0	0				0	0		0	0	0	0	0	0	0						0	0	0			1	1	
	29	Terminais de Petróleo	0	0	1	1	1	0	0	0			0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0	1	
	30	Termonucleares	0	0	0	0		0	0	0			0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
	31	Depósitos Prod. Industriais	1	1	0	1	1	0	0	0			0		0	0	0		0		0	0	0	0	0					0	1	1	1	1	1	
	32	Depósitos Subterrâneos	1	0	0	0		0	0	0			0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1
REGRAS	1	Rodovias	0	0	0	0	1	0	0								0	0	0	0	0	1	1	0									0	0		
	2	Ferrovias	0	0	0	0	1	0	0						0	0		0	0	0	0	0	1	1	0					0	1	1	1	0		
	3	Linhas de Transmissão	1	1		1		0	0					1				0	0	0	0				1									1		
	4	Gasoduto / Oleoduto	1	0	0			0	0	0				0	0			1	0	0	0	1	0	0	1	0	1			0	0	0		0		
	5.1	Barragens			0		0	0	0					0	0	0	0	0	1		1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0		
	5.2	Projetos Mineração	1	0		1		0	0	0				0	0	0	0	0	0	1		0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
	5.3	Irrigação	1	0	0		0	0	0	0				0	0	0	0		0		0	0	0	0	0	1	1			0				0		
	5.4	Piscicultura	1	0	0		1	1	0	0				1	1	0		1	1		0	0	0	0						0				0	0	
	5.5	Hidroelétricas			0	0		0	0	0					0	0	0	1			0	1	1	0		0	1	1		0	0	0	0	0		
	5.6	Água Potável	1	0	0		1	0	0	0				0	0	0		0	1		1	0	0	0	0	0	1	1		0	0	0	1	1	1	
	6	Pólos Industriais	1	1	0		1	1	0	0	0		0		0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	Mineração				0	0	0	0	0					1		1	1		1			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			1	
8	Canais p/ Condução de Água			0	0	0		0	0					0	1		1	0	0	0	1	0		0					0	1	1	0				
9	Locais p/ Disposição de Rejeitos Perigosos	0		0	0		0	0	0		0		0	0	0	0	1	0		1		0	0	0					0	0	1	1	1	0		
10	Depósitos Subterrâneos	0		0	0		0	0	0			0	0	0	0	0	1	0		0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2	1				
11	Turismo			0		0	1	0	0	0	0	0		0	0		0	0			0	0	0	0					0	0	0	0		0		
12	Disposição de Resíduos: Irrigação, Lançamento			0	1	0		0	0					0	0	0	0			0	1	1	0	0					0	2	2	2	1			
REGRAS AL	1	Agroindústrias																1	1				0	0	0					0		1	1	1	1	
	2	Destilarias de Alcool	1		1		0	0	0	0	0	0		0	1				1	1			0	0	0					0		1	1	1	1	
	3	Criadouros					0	0	0	0	0	0		0				0	1	1			0	0						0	0			1		
	4	Abatedouros					0	0	0	0	0	0		0				0	1	1			0	0						0	0			1		
	5	Usinas de Açúcar		1	1	0		0	1	0	0	0		0	0	0		0	0			0	0	0					0	2	2					
	6	Fertilizantes	1		1	0		0	1	0	0	0	0		0	0	0	1		0			0	0	0					0	2	2				
	7	Pecuária				0	0	1	1	0											0	0									1	1	1			
	8	Agricultura			0	0		0	0	0					0	0	0	1					0	0	0					0	0	0		0		
	9	Hortifrutigranjeiros			0	0		0	0	0	0				0	0	0	1				0	0	0	0					1	0	0	0	0		
	10	Projetos Irrigação			0	0		0	0	0	0				0	0	0	1			0		0	0						0	0	0	0	0		
	11	Agrovilas	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0		0			0	0	0		1		0	0	0				0	0	1	1			

Os valores apresentados na Tabela 2.5 representam, inversamente, o grau de importância (prioridade para obtenção) de cada Fator/Atributo, ou seja, quanto menor o valor, mais importante é o Fator/Atributo para a determinada Forma de Ocupação.

Davis (2000) destaca que se pode trabalhar não só com informações atuais sobre o município, para fins de planejamento, mas também com as inter-relações espaciais entre elas. Considera fundamental, também, a utilização do processamento como ferramenta para a modelagem e análise, o que permite identificar efetivamente os agentes que interferem na formação do espaço e suas implicações no meio urbano.

Considerando os atributos obtidos, é possível a execução de alguns documentos básicos, necessários ao planejamento, bem como sua manipulação em um sistema de informações geográficas:

- ? Base Cartográfica: a partir da cartografia sistemática disponível é criada uma base planimétrica digital com a hidrografia, sistema viário e limites municipais atualizados.
- ? Modelo de elevação do terreno: é a geração de um modelo digital de elevação e do mapa de declividades associado aos componentes fundamentais (para a definição da vulnerabilidade à erosão, movimentos de massa, enchentes, etc.) e o estabelecimento de áreas de proteção.
- ? Uso do solo: o uso do solo mostra as condições de *stress* a que o ambiente está submetido e é elemento fundamental na avaliação do meio.
- ? Geotecnia e Unidades de Paisagem: a caracterização ambiental supõe ainda o conhecimento da geologia, dos solos e da geomorfologia. A disponibilidade de mapeamentos sistemáticos, no Brasil, está restrita apenas à escala 1:25.000 e encontra-se muito defasada. Portanto, é necessária a atualização e o refinamento para a compatibilização dos dados com a escala dos trabalhos que serão desenvolvidos.
- ? Uso das Ferramentas de Geoprocessamento: os produtos gerados, na forma digital e georreferenciados, são integrados em um banco de dados de informações geográficas. Utilizando-se ferramentas de geoprocessamento pode-se gerar, entre outros: mapas de vulnerabilidade a movimentos de massa, erosão e enchentes, estudos de impacto da urbanização em micro-bacias, identificação de áreas de risco à ocupação urbana, simulação do impacto de chuvas severas, planos de proteção de mananciais, planos de controle a erosão e assoreamento de rios e

córregos, áreas indicadas a recuperação e proteção ambiental, termo de referência para plano diretor e lei de uso e ocupação do solo.

- ? Planejamento Urbano e Monitoramento Ambiental: a ordenação do território não tem valor se não puder ser efetivamente implementada. É portanto indispensável o monitoramento continuado das ações humanas sobre o meio ambiente. A utilização de fotografias aéreas, imagens de satélite, trabalhos de campo e do banco de dados de informações geográficas permite efetuar este monitoramento com a frequência necessária a um custo reduzido.

Para tanto, Goodchild (1993) enfatiza a necessidade de coerência entre a escala de trabalho e as informações obtidas, apresentando um estudo onde são abordadas a escala e suas respectivas resoluções, para algumas das escalas de mapas mais usuais em termos de mapeamento local e regional (Tabela 2.6).

Tabela 2. 6 - Escala e resolução de algumas escalas de mapas mais comuns (Goodchild, 1993-modificado).

Escala	Resolução	Área Mínima
1:1.250	62,5cm	0,39m ²
1:2.000	1m	1m ²
1:5.000	2,5m	6,25m ²
1:10.000	5m	25m ²
1:24.000	12m	144m ²
1:50.000	25m	0,0625ha
1:100.000	50m	0,25ha
1:250.000	125m	1,56ha
1:500.000	250m	6,25ha
1:1.000.000	500m	25ha
1:10.000.000	5km	2500ha

Outro fator que deverá ser levado em consideração é o da grande possibilidade de variação da precisão, uma vez que a alta resolução espacial será obtida somente no ponto exatamente abaixo do centro de perspectiva do sensor. Assim, uma imagem que inicialmente teria 1m de resolução na região central, poderá ter, uma resolução de 1,5m nas bordas.

2.2.3 – Administração dos Dados

Cerca de 85% de todas as informações da administração municipal estão, de alguma forma, relacionadas à localização geográfica. Para se obter a eficiência operacional no sentido da tomada de decisão ser mais acertada em todos os setores do município, torna-se necessária a administração dos dados geográficos de forma que estes sejam integrados ao Sistema de Gestão Municipal e não a um simples Banco de Dados (Assumpção, 2001)

Para tanto, deve-se ter em mente que o passo fundamental consiste na organização do Cadastro Técnico Municipal que, segundo Assumpção (op. cit.) é composto basicamente pela

Base cartográfica, Cadastro físico-territorial, Planta genérica de valores, Cadastro de informações sociais, Cadastro de informações econômicas e Cadastro de informações rurais e atuar no planejamento, coordenação e controle das atividades de coleta, armazenamento, atualização e disseminação da informação, contribuindo para a tomada de decisão e atuação das unidades organizacionais.

Segundo Tavares (1999), uma Base Cartográfica é montada dentro de um conceito CAD e não de GIS, portanto, torna-se necessária uma completa edição cartográfica que deve ser resumida em verificar e finalizar a Base Espacial Digital de modo a:

- ? concretizar a estruturação em layers (camadas) e níveis de informação, de acordo com tabelas previamente definidas;
- ? verificar e consolidar espessuras e padrões de traços, previamente definidos;
- ? introduzir complementações cartográficas, decorrentes de dúvidas de restituição, ou equívocos, motivados pela ocorrência de pormenores, total ou parcialmente cobertos por vegetação isolada, ou mal definidos por efeitos de sombras;
- ? inserir topônimos, símbolos e convenções previamente estabelecidas;
- ? consolidar ligações entre folhas, ortoimagens ou entre arquivos digitais.

Pendock e Nedeljkovic (1996) *in* Câmara *et al.* (2000) afirmam que na maioria dos projetos desenvolvidos em SIG, a proposta principal é a combinação de dados espaciais com o objetivo de descrever e analisar as interações, fazer previsões através de modelos e fornecer o apoio nas decisões a serem tomadas por especialistas. A combinação dos dados através do SIG permite uma sensível redução na ambigüidade das interpretações comparando com aquelas obtidas através de análises individuais dos dados.

Câmara *et al.* (2000) utilizam as diferentes técnicas de análise geográfica para a produção de novos mapas a partir de dados já existentes e apresentam vários métodos de inferência espacial para a integração dos dados, onde os formatos obtidos estão diretamente ligados com a forma de análise empregada.

2.2.4 – Ferramentas de Processamento

O termo Geoprocessamento, segundo Câmara & Medeiros (1998) denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica.

As ferramentas computacionais para o Geoprocessamento, chamadas Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados e, ainda, automatizar a produção de documentos cartográficos.

Kayser (1999) afirma que o SIG não é apenas um banco de dados ou uma plataforma de aplicativos. Ele fornece a habilidade fundamental para criar e gerenciar informações geoespaciais e distribuir estas informações a quem quer que possa se beneficiar com seu uso. Sendo assim é uma tecnologia central para que outros sistemas possam operar, da mesma maneira que bancos de dados relacionais, sistemas operacionais e a Internet.

Peixoto (1997) *in* Rocha (2000) apresenta um estudo onde esclarece as diferenças entre os sistemas CAD, CAM e AM/FM, uma vez que todos trabalham com captura, armazenamento, edição, exibição e plotagem dos dados digitais. A diferença fundamental entre um CAD e um SIG é que o CAD não incorpora a possibilidade de realização de análises espaciais ou funções geográficas e como parte de um SIG, os sistemas CAD são bastante usados na conversão de dados e impressão de mapas

2.2.5 – Modelagem e Otimização dos Subsistemas

Devido a necessidade, do Homem, de simplificação dos fenômenos naturais para seu completo entendimento, surgiram os denominados modelos, que são nada mais do que situações do mundo real, traduzidas em termos de equações matemáticas e extrapoladas para outras situações por meio de simulações auxiliadas ou não por computador.

Um modelo de dados é um conjunto de conceitos utilizados para descrever uma estrutura de um banco de dados e suas operações.

Segundo Rosa & Brito (1996), um modelo é uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes.

Sacramento (1994) apresenta a seguinte equação para descrever o modelo de dados:

$$\text{Modelo de dados} = \text{Propriedades Estáticas} + \text{Propriedades Dinâmicas}$$

Onde:

- ? propriedades estáticas: são aquelas que não costumam sofrer variações com o tempo, são expressas por um conjunto de regras para definir a estrutura básica do modelo e restrições de integridade sobre os dados e descritas através de uma Linguagem de Definição de Dados (LDD);
- ? propriedades dinâmicas são aquelas que permitem capturar a natureza evolutiva do mundo real, são expressas por um conjunto de operações, que representam as ações que podem ser realizadas sobre os dados e descritas através de uma Linguagem de Manipulação de Dados (LMD).

Quanto a forma de armazenamento das informações, Korth & Silberschatz (1995) apresentam cinco modelos (Tabela 2.7) em que estas podem ser classificadas, quais são: seqüencial, hierárquica, de rede, relacional e orientada a objetos.

Tabela 2. 7 - Formas de armazenamento das informações (Korth & Silberschatz, 1995).

Forma de armazenamento	Características
Seqüencial	neste tipo de modelo, as informações são armazenadas em registros organizados seqüencialmente, um após o outro, sem possuir uma ligação/relacionamento entre eles.
Hierárquica	neste tipo de estrutura existem diversos tipos de registros que são classificados como pai e filho onde, um registro pai pode ser associado a diversos registros filho e cada um destes registros filho podem, ou não, ter seus próprios registros filho e assim sucessivamente. Este modelo é similar ao modelo de rede, uma vez que os dados e os relacionamentos são representados por registros e ligações, respectivamente. Sua diferença para o modelo de redes é que os registros são organizados como coleções de árvores.
Rede	os dados deste modelo são representados por coleções de registros e os relacionamentos entre os dados são representados por ligações, que podem ser encaradas como ponteiros. Nesta estrutura, as diversas informações estão relacionadas entre si por meio de apontadores que formam pares de entidade e, de par em par podem expressar relacionamentos do tipo 1 para 1, 1 para vários, vários para 1, vários para vários.
Relacional	o modelo relacional representa dados e relacionamentos entre dados por um conjunto de tabelas, cada uma tendo um número de colunas com nomes únicos. Ele relaciona os registros a partir dos valores que eles contêm. Os arquivos contêm diversos campos (ou colunas) e para se relacionar com outros arquivos basta que este tenha um dos campos do anterior, ou seja, estão ligados entre si apenas de forma lógica. Este modelo difere dos modelos de rede e hierárquico por não usar ponteiros ou ligações. Esta liberação no uso de ponteiros permite a definição de um fundamento matemático formal. Atualmente, para aplicações convencionais, este modelo é o mais adotado, uma vez que este modelo é capaz de implementar todos os conceitos dos modelos anteriores.
Orientada a objeto	as aplicações de bancos de dados em áreas como o projeto auxiliado por computador (CAD), a engenharia de software e o processamento de documentos, não cabem no conjunto de tentativas feitas pelo estilo antigo de processamento de dados. Considerando esses pressupostos, o modelo de dados orientado a objeto vem sendo aplicado, com grande sucesso, no tratamento dessas novas aplicações.

Segundo Sacramento (1994), a modelagem orientada a objetos foi influenciada não só pela programação orientada a objetos, mas também por outros fatores, tais como bases de conhecimento, projeto de interfaces para usuários além da arquitetura dos computadores que por utilizar conceitos mais claros e naturais, permite produzir bancos de dados relacionais mais adequados às aplicações do mundo real, evitando os problemas de normalização associados ao projeto relacional. Além disso, a modelagem orientada a objetos aumenta a integração entre os dados e as aplicações.

Oliveira *et al.* (1997) afirmam que um dos problemas existentes na maioria dos modelos de dados reside no fato de eles ignorarem a possibilidade de modelagem dos relacionamentos entre fenômenos do mundo real, o que não ocorre com o modelo Geo-OMT (Figura 2.2), que apresenta os seguintes relacionamentos entre as suas classes:

- ? associações simples: representam relacionamentos estruturais entre objetos de diferentes classes, tanto convencionais como georreferenciadas;
- ? relações espaciais: representam as relações topológicas, métricas, ordinais (relativas a ordem) e fuzzy

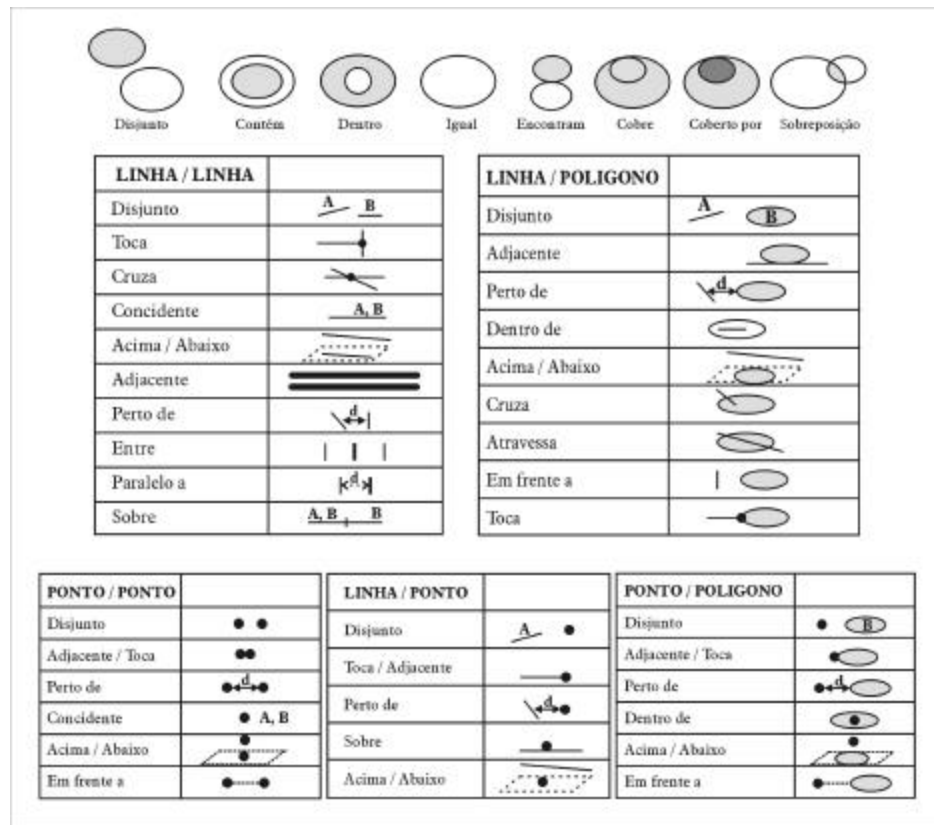


Figura 2. 2- Relacionamentos espaciais (Oliveira et al., 1997).

Como solução, Gomes & Velho (1995) in Câmara & Medeiros (1998) apresentam o denominado “*paradigma dos quatro universos*” (Figura 2.3) que não se limitam a sistemas de Geoprocessamento, mas apresentam uma perspectiva unificadora aos problemas de Computação Gráfica e Processamento de Imagens.

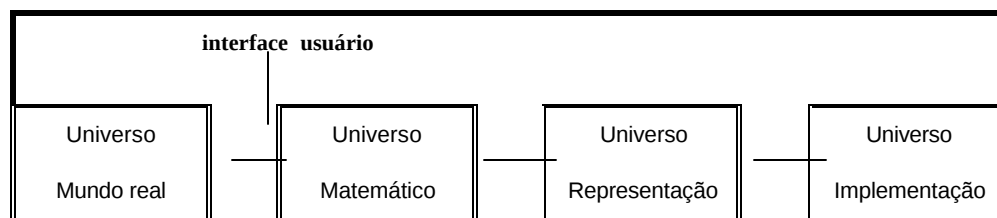


Figura 2. 3 - Modelagem segundo o paradigma dos quatro universos (Gomes & Velho, 1995)

A aplicação do *paradigma dos quatro universos* ao problema de Geoprocessamento é particularmente apropriada pois permite equacionar os problemas da área, da seguinte forma:

- ? o universo do mundo real inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema. Aqui são encontrados os fenômenos a serem representados (tipo de solo, topografia, cadastro urbano e rural, tipos de movimentos de massa, etc.);
- ? o universo matemático (conceitual) inclui uma definição matemática (formal) das entidades a serem incluídas no modelo. Neste universo pode-se distinguir entre as grandes classes formais de dados geográficos (dados contínuos e objetos individualizáveis) e especializar estas classes nos tipos de dados geográficos utilizados comumente (dados temáticos e cadastrais, modelos numéricos de terreno, dados de sensoriamento remoto);
- ? no universo da representação, as diversas entidades formais são mapeadas para representações geométricas. As entidades formais definidas no universo conceitual são associadas a diferentes representações geométricas, que podem variar conforme a escala e projeção cartográfica escolhida e a época de aquisição do dado. Aqui se distingue entre as representações matriciais e vetoriais, que podem ainda ser especializadas;
- ? no universo de implementação, as estruturas de dados e algoritmos são escolhidos, baseado em considerações como o desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados. É neste nível que ocorre a codificação, onde ocorre a realização do modelo de dados através de linguagens de programação. Neste universo, são escolhidas as estruturas de dados (tais como árvores quaternárias e árvores-R) para implementar as geometrias do universo de representação.

Esta análise também indica que a interface de usuário de um SIG deve, tanto quanto possível, refletir o universo conceitual e esconder detalhes dos universos de representação e implementação. No nível conceitual, o usuário lida com conceitos mais próximos de sua realidade e minimiza a complexidade envolvida nos diferentes tipos de representação geométrica.

Câmara & Medeiros (1998) afirmam que o processo de modelagem é a forma que se dispõe para traduzir o mundo real em outros domínios.

Paredes (1999) acredita que um modelo poderá ser uma representação ideal ou simples de muitas formas complexas, de fenômenos ou idéias, ou uma sistematização consistente do entendimento de um fenômeno e dos fatos concernentes a esse fenômeno. Neste mesmo contexto, afirma que o modelo é uma descrição, uma coleção de dados estatísticos ou é uma analogia usada para auxiliar uma visualização, de maneira simples, de algo que não possa ser observado diretamente, e também uma ferramenta do SIG para descrever a distribuição

espacial dos fenômenos naturais ou sociais, ou seja, uma combinação de expressões lógicas, procedimentos analíticos e critérios que são aplicados a um conjunto de dados, com o propósito de simular um processo, prever um evento ou caracterizar um fenômeno.

Os modelos estão baseados na simulação de eventos muito simples ou bastante complexos e são aproximações da realidade pois consideram apenas algumas observações (ocultando detalhes secundários) ou medidas associadas aos eventos, que apresentam os aspectos fundamentais da realidade, motivo pelo qual podem ser usados como base.

Rosa & Brito (1996) classificam os modelos em:

- ? físicos: caracterizado pela escala na qual é apresentado; maior ou menor, conforme a necessidade de manipulação do modelo (p. ex. a necessidade de se ampliar uma pequena peça de parte de um equipamento para verificar, através de simulações, seu comportamento);
- ? analógicos: baseado em equações que regem os eventos (p. ex. equação universal da perda de solos);
- ? matemáticos: também denominados digitais, utilizam-se de equações matemáticas para a representação da natureza dos sistemas (p. ex. o cálculo tridimensional capaz de representar as formas complexas da superfície com grandes variações de inclinação, ou seja, o cálculo da declividade de um determinado terreno) e são aqueles que mais utilizam dados obtidos através do SIG.

A Figura 2.4 apresenta uma sugestão do modelo hierárquico para aplicação no mundo real (Fonte: Scott Morehouse, ESRI, Redlands, California *in* Maidment, 1993).

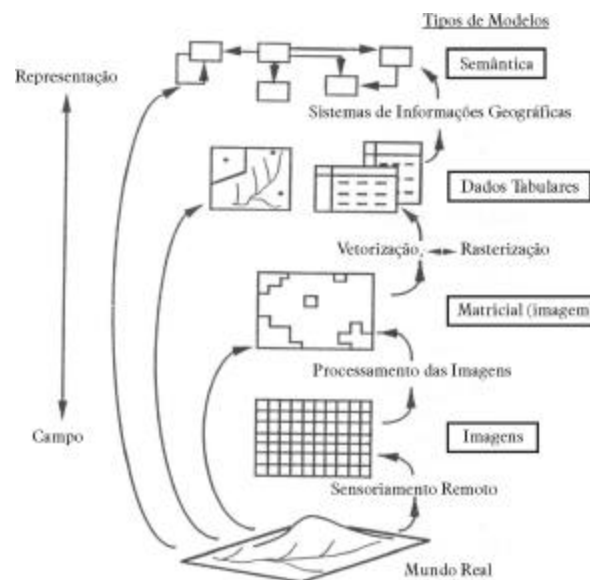


Figura 2. 4– O modelo hierárquico para o entendimento sobre o mundo real (Fonte: Scott Morehouse, ESRI, Redlands, California *in* Maidment, 1993).

Nyerges (1993) entende que o tratamento dos dados deva ser separado em duas fases, unidas através de uma interface (Figura 2.5) e representadas pela manipulação (módulo SIG) e pelo modelamento (módulo de modelamento).

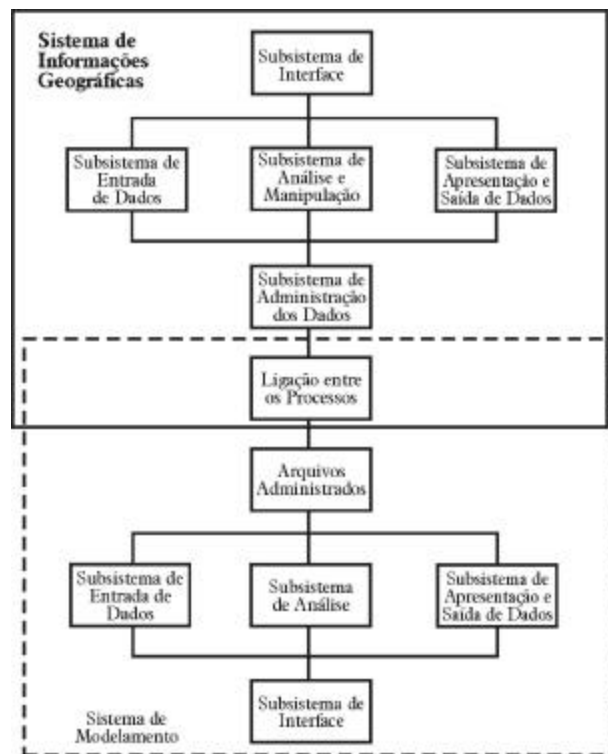


Figura 2. 5- Arquitetura do GIS e modelamento do sistema , acoplados (Nyerges, 1993).

A modelagem de um fenômeno não tem uma forma exata de execução, mas Paredes (1999) apresenta uma seqüência de cinco etapas (figuras 2.6, 2.7 e 2.8), que podem auxiliar no desenvolvimento e implementação de tais modelos:

- ? Etapa 1: estabelecer o objetivo principal para o modelo que não deverá ser muito abrangente em termos de aspectos para possibilitar sua aplicação em diversas situações;
- ? Etapa 2: identificar os relacionamentos matemáticos entre seus vários parâmetros;
- ? Etapa 3: estudar os sistemas analógicos que tenham elementos comuns com o fenômeno para direcionamento da abordagem e desenvolvimento do modelo;
- ? Etapa 4: desenvolver uma hipótese para explicar o fenômeno incorporando ao modelo o máximo de parâmetros possível para considerar os aspectos mais importantes e conhecidos do fenômeno;
- ? Etapa 5: promover a validação do modelo simples através de sua aplicação em áreas teste e considerar um modelo mais complexo somente se houver a necessidade de restrição.

DESENVOLVIMENTO DE UMA MODELAGEM



Figura 2. 6- Desenvolvimento de uma modelagem (modificado de Paredes, 1999).

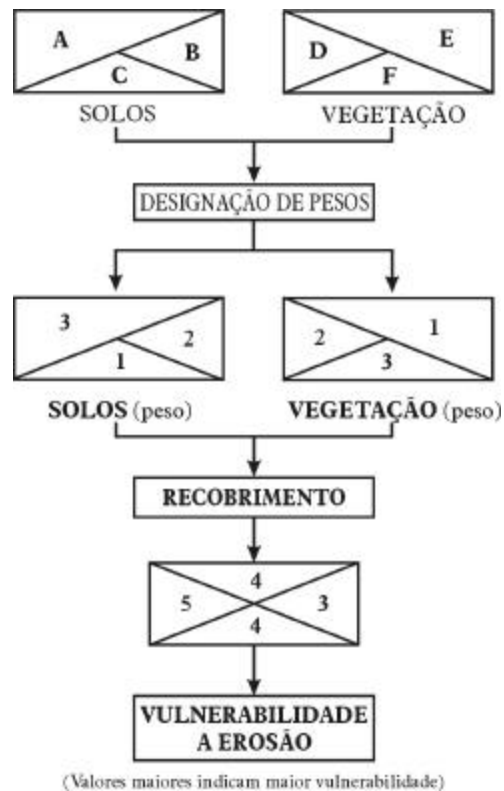


Figura 2. 7- Implementação do modelo (modificado de Paredes, 1999).

Como exemplo, pode-se observar nas Tabelas 2.8 e 2.9 os passos para a análise do potencial erosivo de um solo, determinado através de um modelo de ponderação de variáveis.

Tabela 2. 8 - Exemplo de aplicação da modelagem para análise do potencial erosivo de um solo (Paredes, 1999).

Passos	Características
Determinação das características	? tipo de solo: dependendo do tipo de solo, o grau de erodibilidade poderá ser maior ou menor, quando expostos a precipitação intensa ? tipo de vegetação: dependendo do tipo de vegetação, o solo está mais ou menos protegido contra os fatores erosivos
Definição dos valores (pesos)	? refletem o grau de erodibilidade devido a precipitação (Tabela 2.8)
Implementação do modelo.	? a Figura 2.10 exemplifica a implantação do modelo para o problema de erosão dos solos devido a precipitação intensa
Programação dos atributos	? utiliza-se o sistema gerenciador de banco de dados do sistema de informações geográficas (técnicas de programação) ? utiliza-se sistemas gerenciadores de bancos de dados independentes do sistema de informações geográficas, desde que a saída seja compatível com o sistema de informações geográficas que está sendo utilizado para promover uma perfeita integração dos dados entre eles

Tabela 2. 9 - Definição do fator "peso" (modificado de Paredes, 1999).

Características	Tipo	Descrição	Peso
Solo	A	Arenoso	3
	B	Argiloso	2
	C	Pedregoso	1
Vegetação	D	Arbusto	2
	E	Pastagem	1
	F	Bosque	3

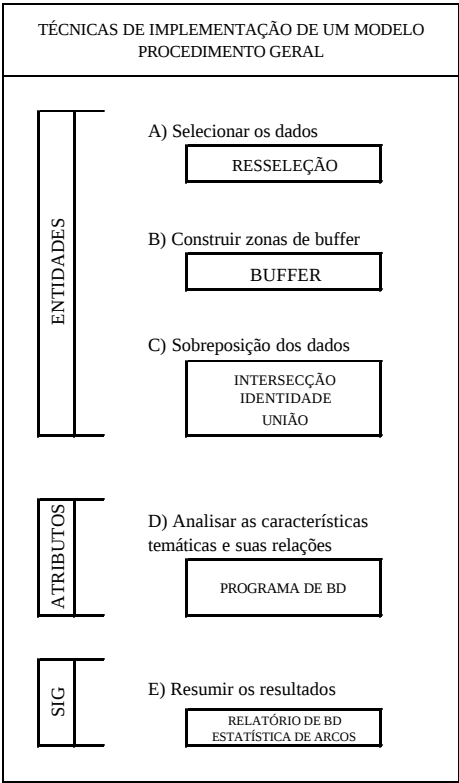


Figura 2. 8- Técnicas de implementação de um modelo (modificado de Paredes, 1999).

Marinho (1998) afirma que dentro dos estudos sobre as técnicas de modelagem, desenvolvidos atualmente, existem várias formas de abordagem que são representadas por:

- ? classificação dos diferentes tipos de modelagem envolvidas em SIG;
- ? comparação dos modelos conhecidos procurando justificar aquele que é melhor para o ambiente SIG;
- ? associação de modelagem à organização física dos SGBD;
- ? utilização de técnicas de modelagem mais adequadas, utilizando modelos preestabelecidos ou construindo extensões para esses modelos;
- ? modelagens associadas à representação dos dados adotados nos softwares SIG.

Harris *et al.* (1993) apresentam, também, uma sugestão de passos para a execução de um modelamento (Figura 2.9) e afirmam que uma interface automatizada entre o banco de dados e o modelo numérico é eficiente quando a repetição de passos similares é requerida.

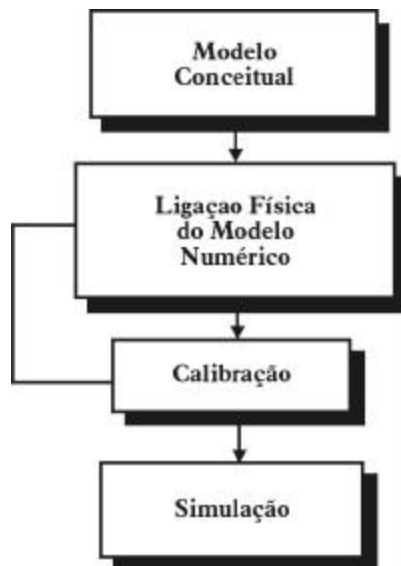


Figura 2. 9- Passos para a execução de um modelamento (Harris, *et al.*,1993).

Considerando o modelamento de dados orientado a objetos, Times & Salgado (1994) afirmam que estes apresentam facilidades para expressar o domínio do conhecimento. Nesta mesma linha, Pires *et al.* (1996) e Perez *et al.* (1997) apresentam dois modelos orientados a objeto que permitem a modelagem do mundo real em termos gerais (fenômenos geográficos) bem como a possibilidade de empregá-los em aplicações específicas, utilizando-se para tanto, de uma mesma base de dados.

Portanto, para a análise de problemas, podem ser utilizados diferentes tipos de modelos (considerando os diferentes recursos operacionais e de conhecimento), como por

exemplo, o modelo digital de terreno (MDT) que é um dos mais utilizados em análises de terrenos.

Trata-se de um modelo matemático baseado nas dimensões X, Y e Z, que reproduz uma superfície real, para um dado atributo e, segundo Burrough (1986), são implementados para uma diversidade de análises, tais como:

- ? armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- ? análise de corte e aterro para projetos de estradas e barragens;
- ? cômputo de mapas de declividade e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade;
- ? análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- ? apresentação tridimensional (combinação com outras variáveis)

Considerando a diversidade de formas de representação dos modelos digitais de terreno e os diferentes programas SIG que existem no mercado, Câmara & Medeiros (1998) apresentam um estudo comparativo entre eles (tabelas 2.10 e 2.11) e afirmam que estes modelos (MDE – Modelo Digital de Elevação) podem ser empregados de diversas formas no geoprocessamento, como por exemplo:

- ? Geração de mapas de contorno: representam isolinhas, ou seja, curvas que conectam pontos da superfície com mesmo valor. Elas são determinadas a partir de interseções da superfície com planos horizontais. O valor a ser representado pode ser elevação, dados geofísicos, geoquímicos, meteorológicos, dentre outros. É uma das aplicações mais comuns.
- ? Fatiamento em classes: consiste em definir intervalos, ou fatias de cotas, com a finalidade de gerar uma imagem temática através do MDT. Cada classe temática é associada a um intervalo. Uma aplicação é a execução do mapa hipsométrico.
- ? Geração de mapas de declividade: através de arquivos específicos do MDT. Podem ser definidas classes de declividade, às quais são associadas cores.
- ? Orientação das vertentes: objetiva o cálculo da inclinação, orientação, insolação, dentre outros, das vertentes do terreno.
- ? Extração de padrões: auxilia no estudo geomorfológico possibilitando a extração de padrões do tipo vale, talvegue, etc.
- ? Cálculo de áreas: consiste em determinar o valor da área da seção de um corte ou aterro, por exemplo de uma estrada, uma barragem, etc.

- ? Cálculo de volumes: através da delimitação de uma região de interesse e definição de um plano horizontal, é possível calcular o volume de corte ou aterro referente a esse plano, por exemplo, para terraplenagem.
- ? Geração de perfis: representam a interseção de planos verticais com a superfície do terreno.

Tabela 2. 10 – Programas que apresentam recursos para produção de MDT's (Câmara & Medeiros, 1998 - modificado).

PROGRAMA	FABRICANTE	TIPO DE GRADE	OBSERVAÇÕES
CIVIL	Softdesk (EUA)	Triangular	Software de engenharia; trabalha sobre o AutoCAD
DATAGEOSIS	Alezi Teodolini (Brasil)	Triangular	É um software de engenharia, específico para na área de agrimensura.
EASI/PACE	PCI (Canadá)	Regular	É um software de Sensoriamento Remoto com recursos avançados.
ER/MAPPER	ERM (EUA)	Triangular	É um software de Sensoriamento Remoto.
GEO TERRAIN IDRISI32	Bentley (EUA) Clark University (EUA)	Regular e Triangular Regular e Triangular	É um aplicativo do MicroStation. Possui recursos de Geoestatística (Krigagem).
INROADS	Intergraph (EUA)	Triangular	É um aplicativo do CAD MicroStation.
POSIÇÃO	Manfra & Cia LTDA (Brasil)	Triangular	É um software de engenharia, específico para trabalhos na área de agrimensura.
SPRING	INPE (Brasil)	Regular e Triangular	Possui recursos de Geoestatística (Krigagem).
SURFER	Golden Software Inc. (EUA)	Regular	Possui recursos de Geoestatística (Krigagem).
TOPOEVN	EVN (Automação Topográfica (Brasil)	Triangular	É um software de Engenharia, específico para trabalhos na área de agrimensura.
TOPOGRAPH	Char * Pointer Informática (Brasil)	Triangular	É um software de Engenharia, específico para trabalhos na área de agrimensura.

Tabela 2. 11 – Comparação entre grades regulares e triangulares para apresentação do MDT (Câmara & Medeiros, 1998)

	GRADE TRIANGULAR	GRADE REGULAR
VANTAGENS	? Melhor representação de relevo complexo; ? Incorporação de restrições como linhas de crista, talvegue, platôs.	? Facilita manuseio e conversão; ? Adequada para geofísica e visualização 3D.
DESADVANTAGENS	? Complexidade de manuseio; ? Inadequada para visualização 3D.	? Representação de relevo complexo; ? Cálculo de declividade,

Considerando que as ferramentas de suporte a decisão podem ser implementadas, tomando como base estas premissas, Saaty (1992) desenvolveu uma das técnicas mais úteis para a tomada de decisão, denominada “Analytical Hierarchy Process” (AHP) o denominado Processo Analítico Hierárquico, onde os diferentes fatores. que influenciam na tomada de decisão são comparados dois-a-dois, e atribui-se uma importância relativa ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida (Tabela 2.12), ele sugeriu, ainda, algumas aplicações técnicas para tal escala:

- ? elaboração de uma relação de importância relativa entre os atributos;

- ? definição da matriz de comparação: cálculo dos autovalores e autovetores da matriz. Os pesos de cada membro Fuzzy, equivalem aos autovetores da matriz de comparação.

Tabela 2. 12 - Escala de valores AHP para comparação pareada (Satty, 1978).

Intensidade de Importância	Definição e Explicação
1	Importância igual – os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada – um dos fatores é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial – um dos fatores é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada – um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos – possibilidade de compromissos adicionais

Segundo Câmara & Medeiros (2000) o modelo relacional de tomada de decisão preconiza quatro passos que devem ser seguidos:

1. definição do problema: consiste em formular o problema como uma necessidade de chegar a um novo estado;
2. buscar alternativas: consiste em estabelecer as diferentes alternativas (diferentes possíveis soluções do problema);
3. avaliação das alternativas: consiste em avaliar cada alternativa de resposta;
4. seleção das alternativas: consiste em ordenar as possíveis soluções e selecionar a mais desejável ou agrupar as melhores para uma avaliação futura.

A partir do estabelecimento de critérios de comparação para cada combinação de fatores, é possível determinar um conjunto ótimo de pesos que podem ser utilizados para a combinação dos diferentes mapas.

Wadge *et al.* (1993) afirmam que os Sistemas de Informação Geográfica têm uma importante função na avaliação de hazard natural além de terem algumas vantagens sobre os demais tradicionais métodos. Eles apresentam dois modelos para análise dos eventos: o Empírico (Figura 2.10) e o Determinístico (Figura 2.11), uma vez que os métodos estatísticos não são contemplados em programas de Sistemas de Informação Geográfica comerciais necessitando, portanto, recursos de softwares externos. Eles afirmam, também, que ambos podem ser implementados dentro do ambiente de um SIG mas é o modelo empírico o que mais se ajusta às necessidades de análise de hazard e que, além disso, a simulação de Monte Carlo vem sendo aplicada com frequência em exemplos de simulação de função de probabilidade de distribuição de eventos, quando considerados os aspectos probabilísticos.



Figura 2. 10- Uma avaliação esquemática do processo de modelamento indutivo, para aplicações em GIS de (hazards) perigos naturais (Wadge *et al.*, 1993).

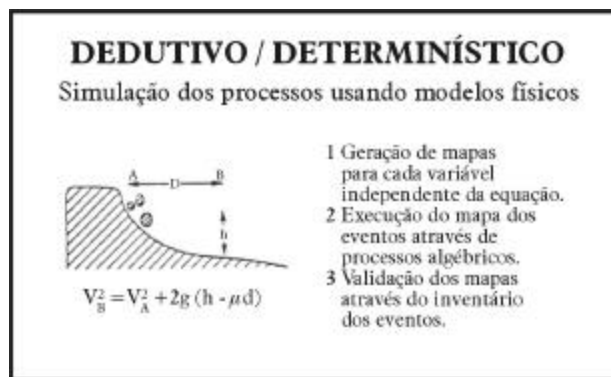


Figura 2. 11- Uma avaliação esquemática do processo de modelamento dedutivo, para aplicações em GIS de (hazards) perigos naturais (Wadge *et al.*, 1993).

2.2.6 – Características dos Sistemas de Informações Geográficas e Processamento Digital de Imagens

A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) iniciou-se nos primeiros anos da década de 60 e a partir dos anos 80 apresentou um desenvolvimento acelerado em função do avanço tecnológico dos computadores.

Atualmente, existem dezenas de programas SIG que foram desenvolvidos por diferentes grupos que tem necessidades variadas.

Um Sistema de Informação Geográfica é, antes de tudo, um sistema gerenciador de informações, que ajuda na integração de dados coletados nas mais diversas fontes. O processo de integração é realizado através de diferentes enfoques ou modelos utilizados para armazenar os dados espaciais, uma vez que a estrutura lógica dos dados determina o grau de flexibilidade dos sistemas.

Rocha (2000) afirma que tendo em vista os objetivos a serem atingidos, tem-se sempre uma estrutura de dados mais apropriada, com funções que melhor atenderão àquelas finalidades. Ele acredita que "não se deve perder tempo na aquisição de um sistema sem a

consultoria de profissionais especializados, preferencialmente ligados a universidades e centros de pesquisa" e apresenta, resumidamente, as principais características de alguns dos Sistemas de Informação Geográfica disponíveis no Brasil (Tabela 2.13).

Tabela 2. 13 - Exemplos e características de alguns Sistemas de Informação Geográfica (Rocha, 2000 - modificado).

SIG (FABRICANTE)	ESTRUTURA DE DADOS	BANCOS DE DADOS	FUNÇÕES	OBSERVAÇÕES
APIC APIC (Systèmes)	Vetorial Raster	Orientado a objetos Relacional (opcional)	CAD	Produzida na França, tem muitas instalações na Europa. Utilizado pela Prodabel - BH/MG.
ARC/INFO (ESRI)	Vetorial- topológica	Relacional, Oracle	CAD, MDT, Análise de Rede	É o SIG mais vendido nos EUA com muitas plataformas instaladas no mundo.
ARCVIEW (ESRI)	Vetorial- topológica	Relacional	CAD, Análise de Rede	Devido à interface com o Arcinfo e outras facilidades, possui muitas plataformas instaladas.
ATLAS GIS (Strategic Mapping)	Vetorial	Relacional, Xbase		Mais utilizado como ferramenta de "desktop Mapping".
AutoCAD MAP (Autodesk)	Vetorial	ODBC, Oracle, Dbase, Informix, Paradox e Access	CAD, Análise de Rede	É baseado no AutoCAD. Outros aplicativos: Autodesk Mapguide (plug in para Internet / Intranet) e o Autodesk World (cliente- servidor).
DBMAPA (MaxiData)	Vetorial	Xbase		Apoiado no MaxiCAD.
GISPLUS (Caliper)	Vetorial	ODBC, Access, Oracle, Excel.	Análise de Rede	Da mesma família do Maptitude e do TransCAD. Utilizado pelo DNER.
IDRISI 32 (Clark University)	Raster Vetorial	Proprietário	MDT, Tratamento de Imagens	Recursos avançados para trata-mento de imagens e MDT.
ILWIS MAPINFO (MapInfo Corporation)	Raster Vetorial Vetorial	Proprietário Proprietário, XBase	Tratamento de Imagens CAD, Análise de Rede.	Mais utilizado em aplicações Ambientais. Muito utilizado em Prefeituras e Empresas de Consultoria.
MAPTITUDE (Caliper Corporation)	Vetorial	ODBC, Access, Oracle, Excel	CAD, Análise de Rede	Idem ao MAPINFO
MGE (Intergraph)	Vetorial Raster	Relacional	CAD, MDT, Análise de Rede, Tratam. de Imagens	Vários módulos separados para Imagens, MDT e Análise de Rede. Muitas plataformas instaladas no mundo.
MAPPING OFFICE (Intergraph)	Vetorial	Idem ao ArcInfo, Dbase e Paradox	CAD, MDT, Análise de Redes.	Da mesma família do MicroStation Geographics e do MGE
MicroStation Geographics (Bentley Systems)	Vetorial	Relacional	CAD, Análise de Rede	Faz parte de um "pacote" de GIS com aplicativos para tratamento de imagens MicroStation Descartes, para MDT Geoterrain e outros
SAGA	Raster	Proprietário Interface com Access.	Módulos para Análise Ambiental	Desenvolvido pela UFRJ - IGEO-LAGEOP. Novos aplicativos: Potencial de Interação e Polígono de Voronoi
SPANS (TYDAC) SPANS/Map (TYDAC)	Raster Vetorial	Relacional Relacional	MDT CAD	Utilizado em aplicações em grandes áreas, com ênfase no Sensoriamento Remoto Apenas para consulta e geração de mapas.
SPRING (INPE)	Raster Vetorial	Relacional ou Orientado a Objetos.	CAD, MDT, Tratamento de Imagens.	Forte ênfase inicial em raster, devido à tradição do INPE nesta área. Novo módulo para Geostatística.
TRANSCAD (Caliper)	Vetorial	ODBC, Excel, Access, Oracle	CAD, MDT, Análise de Rede.	Possui funções específicas para área de Transportes.

Câmara (2000) apresenta uma análise de como são e o que oferecem os atuais sistemas de informação geográfica (Tabela 2.14). Ele afirma que *"atualmente, os sistemas têm evoluído para oferecer uma crescente gama de funcionalidades"*, citando, como exemplo, entre outros, a combinação de tratamento de dados vetoriais e matriciais no mesmo ambiente, com uma integração maior entre o Processamento de Imagens e o Sistema de Informações Geográficas, a exemplo do IDRISI.

Tabela 2. 14 – Características de alguns sistemas de informação geográfica (Câmara, 2000)

	Suporte Imagens	Análise Espacial	Álgebra Mapas	Integração Servidor	Língua Portuguesa	Interopera- bilidade	Orientado a Objetos
Arc/Info	X	X	X	X	X		X
Arc/View	X		X	X	X		
AutoDesk World	X			X	X		
Geographics	X				X		
GeoMedia	X			X	X	X	
Idrisi	XX	X	X				
MapInfo	X			X	X		
Spring	XX	X	X		X		X

Obs: o símbolo **X** indica que o sistema possui a característica indicada e **XX** que oferece funcionalidade adicional.

Considerando a existência de uma meta a ser atingida através da apresentação de um produto, Nyerges (1993) propõe que os sistemas SIG sejam visualizados através de um diagrama de fluxo seqüencial (Figura 2.12) cujo processo consiste em 4 etapas:



Figura 2. 12 - GIS como um diagrama de fluxo para perspectiva procedural (Nyerges, 1993).

- ? Definição do problema (e o sistema se necessário);
- ? Entrada de dados (com a subsequente estocagem/administração);
- ? Manipulação/análise dos dados;
- ? Saída/visualização dos dados.

Uma das características básicas de um sistema de informações geográficas (Figura 2.13) é exatamente a possibilidade de tratamento das relações espaciais entre os objetos geográficos (Perez *et al.*, 1997; Eastman, 1997) .

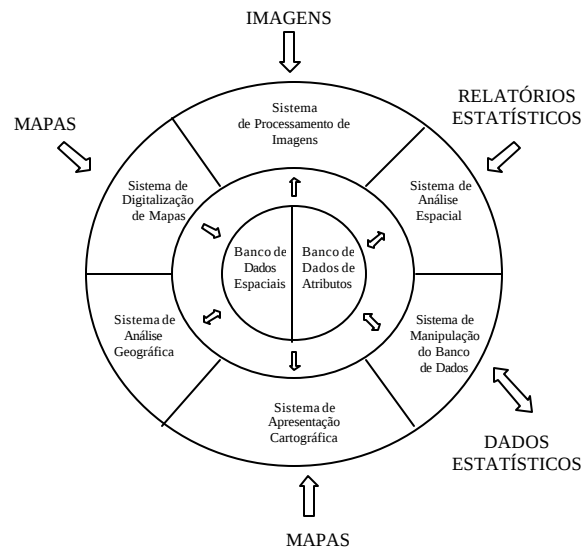


Figura 2. 13 - Características de um SIG (Eastman, 1997).

Existem diversas definições que tentam caracterizar da melhor e mais abrangente forma, os sistemas de informações geográficas:

1. Goodchild (1985) afirma que o sistema de informações geográficas é *"um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, analisar informações referentes às relações em uma natureza geográfica"*.
2. Aronoff (1989) define o sistemas de informações geográficas como *"um sistema de captação, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados"*.
3. Burrough & McDonnell (1998) afirmam que o sistema de informações geográficas é *"um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre mundo real para um objetivo específico"*.
4. Câmara & Medeiros (1998) indicam como principais características dos sistemas de informações geográficas a *"capacidade de inserir, integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelo*

numéricos de terreno, ainda, oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados".

Uma variação do termo proposta por Castro (1996) *in* Rocha (2000) é apresentada como Sistema de Informática Geográfico, com o argumento de que o termo informação pouco esclarece. O termo Sistema de Informática traz o reconhecimento de uma arquitetura, cujos componentes, também passíveis de se estruturarem como arquiteturas, simbolizam os ingredientes tecnológicos em jogo na constituição técnica dos SIG: aplicações, dados, tecnologias e serviços.

Portanto, os sistemas de informações geográficas são tratados, em princípio, como bancos de dados geográficos.

Para tornar estes bancos de dados operacionais, faz-se necessário o estabelecimento de modelos de dados. Estes modelos devem ser claros, simples e prover meios naturais e eficientes de conversão para as estruturas internas do computador. Estes podem ser baseados em uma abordagem em campos (modelos raster) ou em objetos (modelos vetoriais).

Na representação gráfica “vector”, os limites das características são definidos por uma série de pontos que, quando interligados, formam a representação gráfica daquela característica.

Na representação gráfica "raster" as características e atributos que elas possuem, são armazenados em arquivos de dados unificados. A cada célula é atribuído um valor numérico que pode representar uma característica identificadora, um código de atributo qualitativo ou um valor quantitativo do atributo. Os dados das células podem ser avaliados como imagens de algum aspecto do ambiente que se torna visível através do uso de “display raster” (onde existe a malha com pequenas células chamadas “pixel”).

O sistema vector é recomendado em detrimento ao raster devido sua afinidade lógica entre a representação vetorial e a produção de mapas (impressora e “plotter”).

Um programa de banco de dados é projetado arquivar número de dados e permitir trabalhar com as informações contidas nele. Alguns recursos são exigidos em qualquer aplicativo e comuns a todo programa de banco de dados (inserir, localizar, excluir, etc.) mas alguns recursos são específicos de cada programa, por exemplo, um banco de dados gráfico poderia precisar do recurso de inserir e armazenar imagens de um scanner.

Um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é um sistema de banco de dados que permite gerenciar uma grande quantidade de dados e funciona independentemente do

sistema aplicativo, armazenando os dados em arquivos no disco rígido e carregando-os em uma memória para a sua manipulação e possui três requisitos importantes na operação de dados:

- ? integridade (controle de acesso por vários usuários),
- ? eficiência (acesso e modificações de grande volume de dados)
- ? persistência (manutenção de dados por longo tempo, independente dos aplicativos que dão acesso ao dado (Câmara & Medeiros, 1998).

Gillenson & Goldberg (1986) afirmam que um sistema de gerência de bancos de dados (DBMS ou SGBD) é um sofisticado sistema de software que serve de interface entre programas de aplicação e pacotes de consulta de dados. Um verdadeiro SGBD deve proporcionar, no mínimo, a capacidade para um verdadeiro processamento integrado.

Câmara (2000) afirma que o aparecimento dos sistemas gerenciadores de dados geográficos deve-se ao uso do sistema da informação geográfica no ambiente corporativo, uma vez que estes são capazes de armazenar tanto a geometria como os atributos do objeto dentro de um sistema gerenciador de banco de dados. Apresenta, ainda, na Tabela 2.15 uma visão geral dos SGBD geográficos e na Tabela 2.16 as diferentes camadas de acesso a estes servidores.

Tabela 2. 15 - SGBD com suporte a dados espaciais (Câmara, 2000).

	Armazenamento	Indexação espacial	Interface programação	Integração Produtos
Oracle Spatial	Tabelas normalizadas	Quad- trees	C, SQL/MM, OpenGIS	GeoMedia, MapInfo, SDE
Db2 Spatial Extender	Tipos de dados espaciais		C++, SQL	SDE
Infomix Data Blade	Tipos de dados espaciais		C++, SQL	SDE, MapInfo, SpatialWare

Tabela 2. 16 – Gerenciadores de dados geográficos (Câmara, 2000).

	Área de Aplicação	Integração de Produtos	Gerência Transação	Interface Programação	SGBDs Suportados
GeoMedia Pro	Geral	GeoMedia		VBA	Oracle
MapInfo SpatialWare	Geral	MapInfo		C++, VBA	Oracle, Infomix
ModelServer Continuum	Geral	Microstation Geographics		VBA	Oracle
SDE/Esri	Geral	Arc/Info Arc/View		C, Avenue	Oracle, Db2, Infomix
SmallWorld	Gerência Redes		Controle versões	SmallWorld Magik	Oracle
VISION*	Gerência Redes	AutoCad Map	"Check-in check-out"	Express (VBA-like)	Oracle

Seder *et al* (2000) afirmam que um dos principais objetivos dos Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados é permitir a independência entre dados e programas. Com

o objetivo de tornar mais claro o conceito de independência de dados é necessário conceituar os três tipos de visão dos dados que um SGBD deve oferecer a seus usuários:

a) visão global dos dados: consiste na descrição de todas as entidades assim como de seus relacionamentos, estabelecendo um modelo conceitual para o banco de dados;

b) visão parcial dos dados: consiste na descrição de um subconjunto da visão global que é utilizado por uma classe de aplicações.

c) representação física das estruturas de dados: consiste na descrição da forma de representação física dos dados nos dispositivos de armazenamento secundário.

Diante desses conceitos, pode-se tornar mais claro o que é independência de dados por meio de dois outros conceitos:

a) independência lógica: permite que a visão global dos dados se modifique (permite sua evolução de acordo com as necessidades) sem que as aplicações existentes tenham que ser alteradas. Um caso típico dessa evolução seria o estabelecimento de uma nova aplicação que necessitasse a criação de um novo conjunto de dados (criação de uma nova estrutura lógica) ou, ainda, inclusão de um novo dado em uma estrutura já existente;

b) independência física: permite que a representação física das estruturas de dados se modifique de acordo com os requisitos de novas aplicações sem que as existentes tenham que ser alteradas.

A independência de dados pode ser vista como:

- ? o principal objetivo de um sistema de gerência de banco de dados;
- ? permite que novas estruturas lógicas de dados sejam criadas sem causar impacto às aplicações existentes;
- ? permite que as representações físicas das estruturas de dados e os métodos de acesso sejam modificados sem que as estruturas lógicas criadas sobre elas necessitem ser alteradas

Outros importantes objetivos da utilização de SGBD em sistemas de informação consistem em:

a) controle de redundância de dados:

Um grande problema que ocorre com aplicações que utilizam dados próprios e isolados é sua redundância, que por sua vez pode provocar a inconsistência dos mesmos.

Um SGBD elimina este problema na medida em que diminui a redundância (com as atuais arquiteturas e custos de hardware nem sempre é conveniente eliminar a redundância por questões de desempenho) e permite o controle centralizado que utilizem o banco de dados. Dispondo de um controle centralizado, o administrador do banco de dados (ABD) pode

estabelecer procedimentos de controle e verificação que permitam evitar que erros nos programas de aplicação que possam provocar Inconsistência entre os dados.

b) garantia de integridade dos dados:

Devido à integração dos dados, duas ou mais aplicações podem vir a compartilhar de um dado. Pode ocorrer que as duas aplicações usem esse dado concorrentemente com a finalidade de atualização. Normalmente uma aplicação lê o dado, faz as alterações necessárias e regravando o dado. Suponha que após a primeira aplicação ler o dado e, antes de regravá-lo, a segunda aplicação leia o dado inicie seu processo de atualização. Podemos concluir que as alterações efetuadas pela primeira aplicação não seriam consideradas, causando com isso uma falta de integridade no dado.

Cabe ao SGBD garantir a integridade dos dados evitando que situações como a descrita ocorram. Isso pode ser feito colocando o dado não-disponível a outras aplicações após uma delas o ter lido e enquanto ela não o regravar.

A integridade também deve ser mantida a partir de *logs* de atualização (imagens anterior e posterior a uma modificação), possibilitando desfazer alterações erradas introduzidas por uma aplicação, sem desfazer as alterações corretas feitas por outras aplicações que porventura tenham sido processadas concorrentemente com a primeira

c) privacidade dos dados:

O SGBD deve garantir que o acesso aos dados possa ser controlado pelo administrador do banco de dados (ABD), permitindo que sejam estabelecidas chaves de segurança contra acesso não autorizado. Dois pontos importantes a serem assegurados são os seguintes:

- ? que um mesmo dado possa ter diferentes chaves de acesso de acordo com o tipo de operação;
- ? possam ser criados diferentes procedimentos de acesso; uns que só permitam a leitura de dados e outros que permitam leitura e atualização.

Dessa forma, pode ser garantida a segurança dos dados contra modificações indevidas e a privacidade de dados confidenciais contra acesso não autorizado.

Cabe observar que esse aspecto de privacidade deve ser cuidadosamente analisado pois normalmente, quando se constrói um banco de dados integrado, são desenvolvidas as aplicações *on-line* que permitem o acesso através de terminais de teleprocessamento. Esse fato deve ser considerado como uma maior facilidade de acesso e, dessa forma, são necessários maiores controles que no processamento tradicional, onde os dados ficavam fracionados pelas diversas unidades de armazenamento e eram acessados por programas específicos portanto tinham seu acesso mais dificultado.

d) facilidade de criação de novas aplicações

Sendo o banco de dados criado a partir de um modelo conceitual, ele deve constituir a base de dados necessária a todas as aplicações.

Praticamente falando, podemos dizer que, devido á integração dos dados e à possibilidade de compartilhamento desses dados é natural se esperar que uma nova aplicação tenha maior probabilidade de encontrar os dados necessários a seu processamento. num sistema de banco de dados, que nos sistemas tradicionais em que os dados não eram integrados.

Dessa forma. podemos dizer que um SGBD facilita a criação de novas aplicações na medida em que aumenta a probabilidade de os dados requeridos por novos programas já existirem nos dispositivos de armazenamento numa forma conveniente a utilização.

e) segurança de dados

Na maioria dos casos, o investimento feito por uma empresa para criar e manter um banco de dados é alto, de forma que o aspecto de segurança desses dados contra perda ou destruição deve ser um dos pontos mais bem cuidados em um SGBD.

Essa destruição pode ser causada voluntária ou involuntariamente, por falhas de programas ou equipamentos.

Outro ponto de segurança que deve ser mantido é a possibilidade de se ter cópias do banco de dados para que este possa ser restaurado parcial ou totalmente em casos de destruição.

f) controle automático de relacionamento entre registros

No processamento tradicional, quando existia algum relacionamento lógico entre registros de dois arquivos ou, ainda, entre registros de um mesmo arquivo, o programador era o responsável pelo controle desse relacionamento. Da mesma forma que outros aspectos citados anteriormente, a manutenção de relacionamentos pelo programador dificulta a programação e pode introduzir uma falta de consistência nos dados.

Assim, um SGBD deve fazer um controle automático do relacionamento lógico entre registros a partir dos relacionamentos estabelecidos no esquema de definição global do banco de dados.

g) organização da utilização do espaço de armazenamento

O volume de dados, manipulados por um sistema de informações, tende a ser maior na medida em que tais sistemas se tornam mais abrangentes. A própria utilização de SGBD visa facilitar a manipulação de grandes volumes de dados.

Assad & Sano (1993) apresentam uma comparação (interface dos sistemas, facilidade de entrada de dados, formatos de armazenamento, funcionalidade, etc.) entre diversos sistemas disponíveis no mercado.

Já Rocha (2000) afirma que o sucesso da implementação de um sistema de informação é dependente da qualidade da transposição de entidade do mundo real e suas interações para um sistema computadorizado e garante que isto é ainda mais crítico no caso de um SIG, em que a representação informatizada de informações como componente espacial poderá ser bastante complexa, diminuindo a semelhança entre o modelo conceitual dos dados e sua implementação física.

Aronoff (1989) afirma que existem várias fontes de dados para os programas SIG quais são: fotografias aéreas, imagens de satélite, mapas, dados de campo, etc. Para analisar tais dados em um SIG é necessário que estes dados estejam em forma digital e que sejam compatíveis entre as diversas representações e escalas. Além disso, é necessário observar que os dados espaciais possuem quatro componentes (posição geográfica, atributos alfanuméricos, relações espaciais – tipologia – e características temporais) que, necessariamente, fazem parte de sua representação em um sistema informatizado.

Francisco & Xavier-Silva (1993) observam que a combinação das características peculiares dos dados geográficos à relativa complexidade dos modelos do mundo real produzem grandes dificuldades para o processo de formação das bases de dados gráficas.

Devido ao elevado custo associado à formação de bases de dados geográficas, é importante conhecer detalhadamente os acervos de dados geográficos digitais ou não, disponíveis em instituições governamentais e privadas a fim de melhor planejar o esforço de obtenção e digitalização dos dados, com o objetivo de reduzir o custo e economizar tempo de produção (Marinho, 1998).

Davis (1995) *in* Marinho (*op. cit.*) apresenta um estudo onde relaciona uma gama de alternativas tecnológicas para entrada de dados geográficos, abrangendo dados matriciais e vetoriais como:

- ? digitalização em mesa;
- ? digitalização ótica por instrumentos de varredura (scanning);
- ? digitalização com imagem em pano de fundo (head-up digitizing);
- ? vetorização semi-automática;
- ? levantamentos topográficos com dispositivos automatizados (estação total, GPS, teodolitos digitais);
- ? leitura ou importação de dados digitais;

- ? obtenção de produtos da aerofotogrametria (restituição digital, ortofotografia digital);
- ? obtenção de imagens de satélite (sensoriamento remoto);

A seleção da entrada de dados mais adequada ao projeto depende, principalmente, da fonte dos dados (arquivos, mapas, imagens, levantamentos) e das exigências da aplicação (precisão, qualidade, formato).

Marinho (*op. cit.*) indica a vetorização semi-automática como uma boa opção para a digitalização de mapas pois oferece boa precisão e excelente produtividade, dependendo da qualidade do original e sugere, também, que seja feita uma combinação de métodos (ex.: atualização de mapas digitais a partir da sobreposição dos objetos vetoriais a imagens de satélite).

Rocha (2000) apresenta um estudo entre alguns dos métodos de digitalização de imagens, apresentado na Tabela 2.17.

Tabela 2. 17 - Comparação entre processos de digitalização (Rocha, 2000).

MÉTODOS	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Digitalização em mesa	? Equipamento de custo menor; ? Digitalização apenas das feições de interesse; ? Originais podem estar em estado ruim.	? Falta de calibração das mesas; ? Precisão depende do operador e do número de horas contínuas; ? Tendência ao acúmulo de erros.
Vetorização Manual ou "Heads-up"	? Digitalização apenas das feições de interesse; ? Exige apenas um "software" de CAD para a vetorização; ? Boa precisão através de recursos de zoom.	? Arquivos de dados muito grandes, exigindo espaço para armazenamento e tratamento; ? Monitor deve ser maior (17" ou mais); ? Qualidade depende de rasterização dos originais.
Vetorização Automática Vetorização semi-automática	? Processamento rápido e relativamente barato. ? Produtividade elevada; ? Exige "software" específico; ? Separação em níveis, codificação de símbolos e interpretação de textos comandada pelo operador.	? Trabalho pós-processamento é crítico, custoso e demorado; ? Custo adicional de rasterização dos originais. ? Exige algum pós-processamento; ? Uso complicado de desenhos complexos; ? Custo adicional de rasterização dos originais.

De acordo com Soeters & Van Westen (1996), os Sistemas de Informações Geográficas podem ser utilizados na análise dos Movimentos de Massa Gravitacionais em quatro situações básicas:

- ? análise de inventário;
- ? análises heurísticas;
- ? análises estatísticas;
- ? análises determinísticas

Para se analisar a influência dos atributos na predisponência ou deflagração de movimentos de massa gravitacionais e processos correlatos, pode-se seguir 2 tipos de procedimentos (ou ferramentas) distintos:

- análises qualitativas, orientada pelo conhecimento especialista ("knowledge-driven")
- análises quantitativas, orientada por "parâmetros estatísticos ou semi-estatísticos" obtidos através da combinação entre os mapas/cartas dos atributos e o mapa de inventário dos processos ("data-driven").

Para executar a análise da influência de cada atributo nos movimentos de massa gravitacionais e processos correlatos, é necessário separá-los em diferentes classes, de acordo com a fenomenologia predominante em cada processo. Dessa forma, poderá ser adotada a seguinte separação para os processos:

- processos complexos;
- processos com predomínio de erosões superficiais e médias;
- erosões de grandes dimensões ou boçorocas;
- predomínio de escorregamentos: escorregamentos (rotacionais e/ou translacionais), escorregamentos e corridas, escorregamentos e erosões, escorregamentos translacionais e corridas;
- predomínio de escoamentos ou corridas: corridas, corridas e rolamentos;
- quedas e rolamentos;
- predomínio de inundações: inundação e assoreamento, inundação e erosão fluvial.

A modelagem de dados é um processo de discretização que converte realidades complexas em um finito número de registro em bancos de dados. Estes registros, ou objetos são expressões gráficas como pontos, linhas, áreas, ou descritivas como atributos, etc.

Durante o processo de solução de problemas usando SIG, é necessário identificar todos os objetos do mundo real necessários para o trabalho. Em seguida, é preciso extrair um conjunto de características de cada objeto identificado, em um processo de abstração, a base da modelagem de dados. Neste processo, determinados aspectos do objeto são desprezados, e são determinadas as características essenciais para que o seu comportamento ou funcionamento sejam adequadamente incorporados ao sistema. São descritas tanto as características geométricas, que nos possibilitam visualizar o objeto em tela ou no papel,

quanto características descritivas, codificadas alfanumericamente, que contêm informações adicionais sobre o objeto (Davis, 2001).

2.2.7 – Implementação de Sistemas de Suporte a Decisão – Desenvolvimento Histórico e Atual

Em 1971, Gorry & Scotch-Morton in Eom & Farris (1996) apresentaram a seguinte alegação: “*Sistemas de informação existirão somente para o suporte à decisão*” e desde então o número de pesquisas na área dos Sistemas de Suporte à Decisão vêm aumentando.

Keen & Stabell (1978) afirmam que a origem do conceito de Sistema de Suporte a Decisão data da do final da década de 50, início de 60: “*O conceito de Suporte à Decisão envolve duas principais áreas de pesquisa: os estudos teóricos de tomada de decisão organizacional executados no Instituto de Tecnologia Carnegie no final da década de 50, início de 60 e o trabalho técnico com sistema de computador interativos conduzidos no Instituto de Tecnologia de Massachusetts nos anos 60, ambos pioneiros no campo do DSS.*”

Gerrity Jr em seu artigo publicado em 1971 na “Sloan Management Review” intitulado “The Design of Man-Machine Decision Systems: An application to Portfolio Management” apresenta um sistema desenvolvido para dar suporte aos administradores de investimentos em suas rotinas diárias com seus clientes.

Em 1974, Gordon Davis da Universidade de Minnesota publicou os capítulos 12 e 13 do livro Management Information Systems: conceptual foundations, structure, and development, intitulados: “Information System Support for Decision Making” e “Information System Support for planning and control”, criando um amplo fundamento para a pesquisa e prática em DSS.

Little (1975) expandiu as fronteiras do modelamento assistido por computador apresentando um DSS implementado para dar suporte em promoções de preço e publicidade de produtos. Ele identificou um critério para projetos de modelos para suporte à tomada de decisão que incluem: robustez, facilidade de controle, simplicidade e integridade de detalhes relevantes.

Keen & Scott Morton (1978) publicaram um livro que promove uma orientação compreensível dos procedimentos para análise, projeto, implementação, avaliação e desenvolvimento de um DSS.

Rockart (1979) apresenta um sistema de informação executivo (EISs) ou Sistema de Suporte Executivo (ESS).

Bonczek *et al.*, 1981 afirmam que os DSS são sistemas computacionais interativos desenvolvidos para auxiliar os administradores na utilização de dados e modelos para

identificar e resolver problemas e tomar decisões. O sistema pode auxiliar um administrador na solução de problemas não programados, não-estruturados (ou semi-estruturados). O sistema possui módulos interativos e fáceis de usar.

Sprague & Carlson (1982) publicaram o livro “Building Effective Decision Support System” que foi um importante marco na história do DSS. Ele proporcionou uma prática compreensível, descrição curta e geral de como as organizações podem e devem desenvolver DSS. Entretanto isto criou algumas expectativas irreais, os problemas ocorreram mais na limitação da tecnologia em termos do desenvolvimento do DSS do que nos limites dos conceitos que os autores apresentaram.

Armstrong (1994) publicou um artigo onde discute as exigências necessárias para o desenvolvimento de programas SIG com base em sistemas de suporte a decisão (DSS).

Segundo o autor, a tecnologia SIG é empregada com sucesso considerável quando as operações são executadas (aplicadas) a problemas que estão bem entendidos – problemas com questionamentos claramente definidos e resultados mensuráveis. Muitos problemas espaciais, entretanto, não são linearmente desenvolvidos. Para confirmar tal afirmação, o autor apresenta vários exemplos de aplicações onde os problemas foram localizados de acordo com o grau de análise no uso das técnicas automatizadas (Langendorf, 1985; Simon, 196; Rittel & Webber, 1973 e Keen & Scott-Morton, 1978).

Considerando que os problemas semi-estruturados requerem, muitas vezes, administradores para a tomada de decisão de quais os melhores critérios, o trabalho é, muitas vezes, executado por um grupo de profissionais, o que permite a melhor interpretação dos resultados e seleção de soluções.

O autor cita, ainda, que pode ocorrer um “engarrafamento” das informações (Figura 2.14) devido à própria estrutura do sistema, onde vários indivíduos e modelos podem estar habilitados a interagir com o sistema.

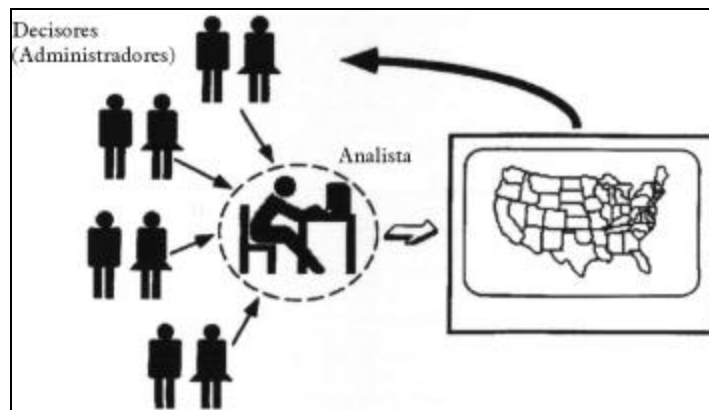


Figura 2. 14 – O engarrafamento das informações (Armstrong, 1994).

Klein & Methlie (1995) ampliaram ainda mais o campo de aplicação dos DSS, levando os estudos para a os cursos de administração (sistema Time-sharing: o projeto MAC da Sloan School).

No período entre 1971 e 1990, Eom & Farris (1996) promoveram um estudo para inferir a estrutura intelectual no campo do sistema de suporte a decisão (DSS) pela média de uma avaliação empírica sobre a literatura relacionada ao DSS (Figura 2.15) e concluíram que os DSS's são fundamentais em várias áreas do conhecimento como a ciência organizacional, tomada de decisão multicriterial, grupos de administradores e planejamento estratégico. Também que o DSS é estruturado e possui teorias articuladas nas subáreas de fundações, grupos de DSS, administração de modelos, interface com diferenças individuais e implementação de DSS.

Os autores também afirmam que desde o início dos anos 70, pesquisadores de MIS (sistemas de administração da informação) e DSS vêm reconhecendo o importante papel do sistema de informação baseado em computadores para o suporte aos administradores em suas atividades de administração semi-estruturada ou não estruturada.

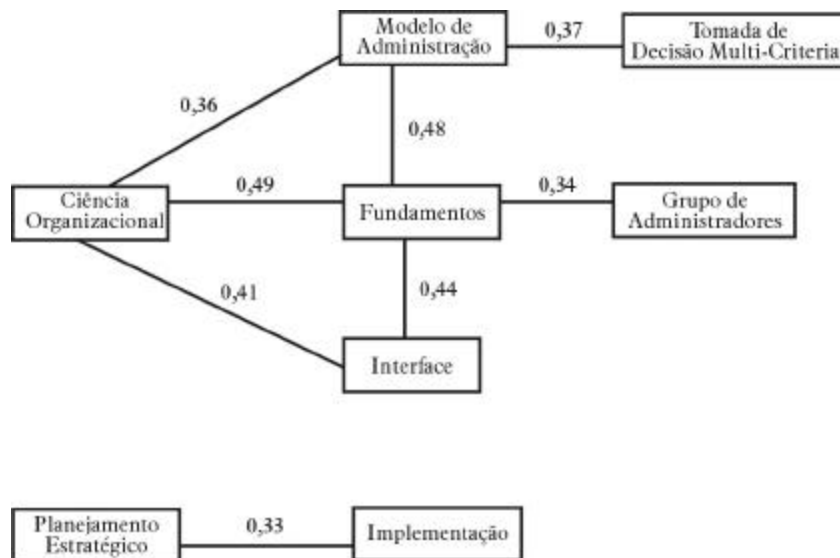


Figura 2. 15 - Rede dos fatores de maior correlação (Eon & Farris, 1996).

Abraham & Wanker (1995) afirmam que os profissionais que trabalham com DSS podem diferir em termos de opinião e prática no que se refere à localização da maior parte das informações relevantes, utilizadas em seus trabalhos.

Os autores selecionaram 5 termos chave que podem identificar itens apropriados para a seleção de um Banco de Dados ao se relacionar com o DSS (Tabela 2.18).

Tabela 2. 18 – Seleção de termos chave para pesquisa de um BD relacionado a DSS's (Abraham & Wanker, 1995).

SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO

Sistema de Suporte a decisão? ou DSS
 Especialista ou Baseado no Conhecimento? Sistema?
 Sistema de Suporte Executivo? ou ESS
 Sistema de Modelo de Planejamento? ou MMS
 Simulação? Sistema de Modelamento da Informação?

NOTA: "2" é um símbolo. Outros elementos de sintaxe devem ser removidos da seleção

Roberts & Moore (1998) propuseram uma estratégia para administração dos dados através de um trabalho executado para o Conselho de Pesquisa Ambiental com relação ao estudo das interações do solo oceânico e a ferramenta GIS usada para auxiliar a implementação em um dos programas. Os autores afirmam que devem ser observados os seguintes itens:

- ? o volume e a variedade de dados obtidos;
- ? a harmonização de dados similares obtidos de diferentes temas ou em diferentes organizações;
- ? o desenvolvimento do modelo de dados ligados a aproximações holísticas para a administração dos dados ambientais;
- ? eliminação da necessidade de sistemas de bancos de dados especialistas e ferramentas para incorporar estas facilidades ao banco de dados;
- ? provisão de acesso para dados:
 - a) análise da correta obtenção e da agência fornecedora;
 - b) observação dos direitos autorais e da propriedade intelectual;
 - c) providenciar um catálogo de metadados on-line;
 - d) providenciar acesso remoto e eliminar a necessidade de assistência para o serviço;
 - e) necessidades dos usuários remotos;
 - f) incrementar a interface com os usuários
- ? necessidade de segurança da qualidade e um exame da linha de mudanças projetadas para os usuários contrários aos administradores de bancos de dados;
- ? a necessidade de um efetivo controle de qualidade dos dados.

Como resultado desta política, existe um número considerável de desafios para a centralização dos dados em forma de:

- ? a diversidade dos dados;
- ? o volume dos dados;

- ? falta de padronização;
- ? o número de fornecedores;
- ? segurança IPR/direitos autorais assegurados;
- ? manutenção da qualidade d segurança e revisão/exame da linha;
- ? manutenção segura e confidencial;
- ? recursos finitos;
- ? a demanda por dados de usuários geograficamente dispersos e variando em termos de extensão e habilidade.

Estes desafios vêm de encontro ao desenvolvimento de estruturas organizacionais e novos sistemas.

A Figura 2.16 representa a estrutura do modelo lógico de dados denominado “WIS CUBE”, proposta por Roberts & Moore (1998) que consiste no cruzamento dos dados de feições, atributos e tempo, dispostos ortogonalmente na forma de um cubo. O objetivo é permitir a descrição das feições no espaço e tempo para cobrir a necessidade de cadastro dos usuários, isto é, o usuário é que decide e define os tipos de feições para cada dado que serão utilizadas, conforme sua necessidades.

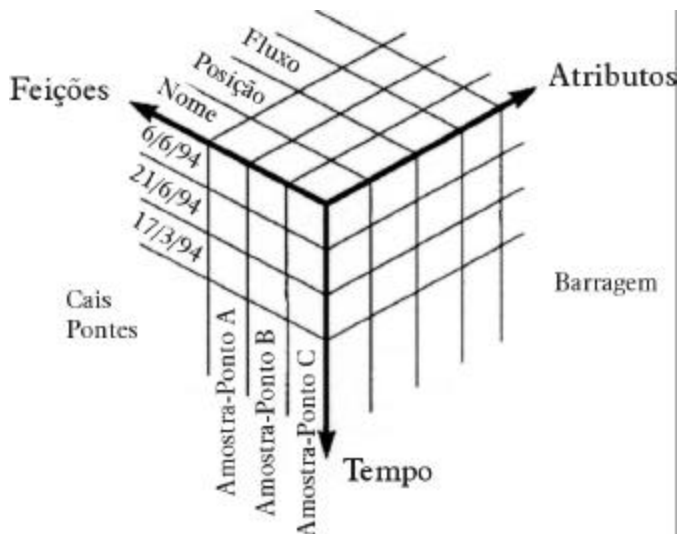


Figura 2. 16 –O cubo WIS (Roberts & Moore, 1998)

Os três eixos do cubo representam feições (onde as observações foram feitas), atributos (o que foi observado) e tempo (quando a observação foi feita).

O cubo é infinito em todas as direções mas algumas das propriedades chave do cubo são:

- ? qualquer atributo pode ser observado em qualquer feição;

- ? uma feição pode ter qualquer número de atributos;
- ? qualquer número de valores pode ser armazenado para um único atributo, para o tempo de uma feição;
- ? os valores podem ser armazenados em intervalos de tempo fixos ou quaisquer (randômicos) ou em qualquer combinação.

Muitos modelos podem ser observados na literatura (ex. Hadzilacos & Tryfona, 1996 e Tang *et al.*, 1996) mas estes modelos não podem fazer uma separação entre os dados espaciais e os não-espaciais pois eles tratam todos os dados como potencialmente variáveis no tempo.

Keenan (1997) discute o uso de um Sistema de Informações Geográficas (GIS) como um gerador de um Sistema de Suporte a Decisão (DSS) para criar um Sistema Espacial de Suporte a Decisão. Segundo o autor, muitas das importantes áreas de aplicação do DSS como a execução de estradas, fazem uso de informações espaciais pois o DSS é uma área de aplicação do Sistema de Informação (IS), além disso, para a maioria das aplicações de SDSS, o requisito principal da informação (para os administradores) é que a mesma seja relativamente estruturada.

A existência de modelos direcionados a soluções de problemas específicos é que distingue os DSS's da proposta geral do Sistema de Administração de Informações (MIS).

A partir do momento em que os DSS tiveram um crescimento em seu uso, os SIG's (sistemas de informação geográfica) ganharam maior importância, refletindo um decréscimo do custo da tecnologia requerida, além de um incremento dos dados espaciais apropriados. Além disso, houve uma evolução dos hardwares, o que causou um declínio de seu custo e por consequência, a redução do custo dos softwares.

Segundo Maguire (1991) *in* Keenan (1997) alguns autores vêm usando o SIG como um DSS mas Malach, 1994 *in* Keenan (*op. cit.*) e Turban, 1995 afirmam que desde meados de 90, quando os livros texto sobre DSS começaram a incluir o SIG como um componente da administração do sistema de suporte, esta situação vem sendo alterada.

Tuban (1990) afirma que um DSS tem quatro características:

- ? incorporam modelos de dados;
- ? são projetados para auxiliar os administradores em seus processos de decisão em tarefas semi-estruturadas (ou não-estruturadas);
- ? auxiliam o processo em vez de substituir a avaliação controlada;
- ? seus objetivos são de melhorar a efetividade das decisões e não a eficiência com as quais decisões são tomadas.

De acordo com Power (1999), da metade para o final dos anos 80, o Sistema de Informações Executivo (EIS) e o GDSS foram desenvolvidos, gradualmente, para usuários individuais e DSS's orientados a modelos. No início da década de 90, o armazenamento de dados e o processamento analítico *on-line* (OLAP) começou a fazer parte dos domínios do DSS. O conceito de armazenamento de dados é, exatamente, aquele de um sistema de suporte a decisão com uma ampla liberdade do empreendimento. O conteúdo das informações de aplicações analíticas(OLAP) orientados a objetos é comparável ao armazenamento de dados e sempre originam de dados armazenados mas as ferramentas analíticas são mais abrangentes.

Ele afirma, ainda, que hoje em dia, um número de áreas do conhecimento produz fundamentos reais para a pesquisa e desenvolvimento do DSS. Pesquisadores de bancos de dados têm contribuído com pesquisas de ferramentas de manipulação de dados. A ciência ambiental tem desenvolvido modelos matemáticos para o uso em DSS e produzindo evidências para o modelamento de solução de problemas. A ciência cognitiva, especialmente na pesquisa do comportamento da tomada de decisão tem produzido informação descritiva que tem auxiliado nos projetos de DSS e tem gerado hipóteses para a pesquisa em DSS.

Finne (1997) descreve sobre os riscos na segurança das informações tratadas em sistemas de suporte à decisão e no armazenamento de dados. Ele considera que pode trazer grandes vantagens para as empresas, o uso dos computadores para o suporte nos processo de tomada de decisão e que um DSS, além disso, aumenta a segurança das informações em questões a respeito de sistemas de informações além de fomentar novos debates sobre ISEC (segurança na informação). O autor considera, ainda, que o armazenamento de dados pode ser considerado como uma função de suporte em um DSS e apresenta um *checklist* para cada uma das fragilidades em termos de segurança das informações.

Eom (1996) publicou recentemente um artigo *on-line*, que foi apresentado posteriormente na Conferência das Américas, em Phoenix (1998) intitulado "Relationships between the decision support system subspecialties and reference disciplines: an empirical investigation" que trata do levantamento e análise das bibliografias na área do DSS publicadas entre 1970 e 1993, concluindo em 2000 quando publicou outro artigo na mesma linha onde faz uma avaliação empírica da literatura sobre DSS nos últimos 23 anos. A análise em rede foi aplicada para cada autor em questão e foram consideradas as seis maiores áreas de pesquisa em DSS (fundamentos, grupos DSS, administração de modelos, interface com usuários, implementação e DSS multicriterial) além dos seguintes campos do conhecimento: estatística, tomada de decisão, ciência cognitiva, inteligência artificial, grupos de administradores e ciência dos sistemas que se apresenta resumida nas figuras 2.17 e 218.

Zhang & Wang (1998) afirmam que DSS é um sistema interativo (Homem-máquina) para a solução de problemas e propõe um sistema orientado ao usuário denominado “Flexible planning and dynamic integration (FPDI)” para solução de problemas em sistemas de suporte a decisão (DSS). Este sistema consiste (Figura 2.19) em um planejamento flexível e seqüencial da solução de um determinado problema, da conexão flexível e integração dinâmica de diferentes modelos bem como a produção controlada de soluções para os problemas.

Eles apresentam um diagrama de fluxo para a solução dos problemas onde:

1. a solução do problema é formulada e estruturada através do diagrama de “árvore” assim como os subproblemas e suas soluções;
2. resolver os subproblemas pela integração das características do conhecimento da dinâmica do sistema envolvendo o problema (E_t) e as informações interativas dos peritos/especialistas (E'_t);
3. fornecer soluções para todos os subproblemas de forma a solucionar os problemas dos usuários

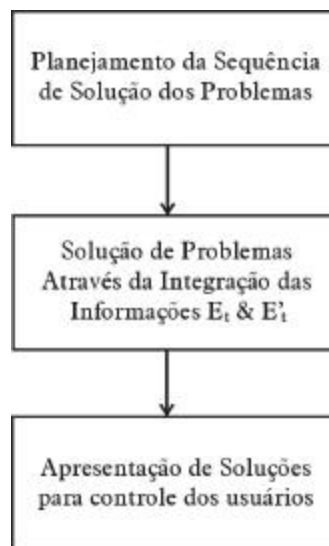


Figura 2. 19 - Diagrama de fluxo do Sistema "Planejamento Flexível e Integração Dinâmica" – FDPI, proposto por Zhang & Wang (1988).

Vinze & Sen (1991) *in* Zhang & Wang (1998) entendem que o processo de suporte a decisão consiste na identificação do problema, planejamento da solução, ferramentas de integração e execução de modelos. Eles acreditam que o processo é essencial para planejar soluções esquemáticas de diferentes problemas e integrar diferentes modelos na solução dos problemas.

Dolle & Kottemann (1993) apresentaram uma integração de modelos orientados a objetos baseado em bancos de dados teóricos. O trabalho deles integra os modelos baseados em relações fixadas entre informações estocadas no banco de dados sendo possível, deste modo, que os usuários alterem as relações de interação por sistema dinâmico.

Liang (1988) apresenta um diagrama baseado no conhecimento com seleção da aproximação. A solução integrada do sistema pode ser derivada de dois passos:

- ? criar um conjunto de alternativas de solução representadas em um diagrama de “árvore”, baseado em regras inferidas
- ? seleção da melhor solução entre alternativas diretamente do diagrama.

Esta integração é baseada no conhecimento das relações de entrada e saída dos modelos, entretanto, o inconveniente para os usuários é a necessidade de solução do esquema por eles mesmos.

Matthews *et al.* (1999) apresentam a implementação e aplicação de um DSS desenvolvido como uma ferramenta para o planejamento do uso do solo rural. O DSS foi baseado em cinco componentes: sistema de informações geográficas; módulo de uso do solo; módulo de avaliação do impacto; interface gráfica; ferramentas de planejamento do uso do solo. Estes componentes foram implementados sobre duas plataformas (softwares): GENSYM’S G2 e SmallWorld. Eles priorizaram dois aspectos, quais são:

- ? o uso do paradigma objeto-orientado para facilitar a integração das informações geo-espaciais;
- ? proposta de uso de algoritmos a fim de obter o melhor planejamento do uso do solo (Figura 2.20) usando a integração funcional do KBS – Knowledge based system (sistema baseado no conhecimento) e do GIS – Geographic information system (sistema de informações geográficas).

O sistema (denominado LADSS – sistema de suporte a decisão para o uso do solo) possui cinco componentes principais (Figura 2.21):

- ? Sistema de informações geográficas que provê possibilidades de armazenamento de dados espaciais, análise e visualização;
- ? Módulo de uso do solo que possui modelos pré-definidos;
- ? Módulo de avaliação do impacto que possibilita a análise nas três esferas (econômica, social e ambiental);
- ? Interface gráfica para implementações sugeridas por Fedra.
- ? Ferramentas de planejamento do uso do solo.

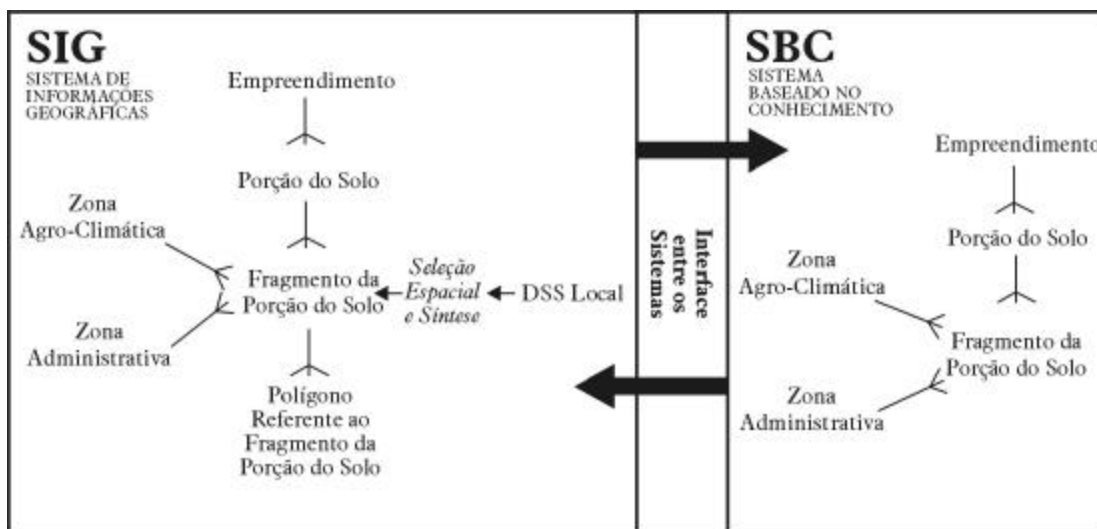


Figura 2. 20 - Estrutura de dados parcialmente refletida (Matthews *et al.*, 1999)



Figura 2. 21 - Componentes do sistema LADSS – Sistema de suporte a decisão para o uso do solo (Matthews *et al.*, 1999)

Chari *et al.* (1998) publicaram um artigo onde apresentam um DSS para aplicação de teste de drogas para a população de indivíduos com histórico de abuso de drogas. Eles justificam este trabalho pela necessidade de redução em cerca de 40% no custo do teste (ferramenta de monitoramento do uso de drogas ilegais nos diversos setores, incluindo o sistema criminal).

O modelamento é baseado em atributos simples Bayesianos com possibilidade de inclusão de exemplos. Uma técnica de controle de qualidade estatística é aplicada para o monitoramento da qualidade dos resultados.

A Figura 2.22 apresenta a arquitetura do DSS-DT onde podem se observados os vários objetivos do DSS como:

1. Prover o necessário suporte para selecionar os valores dos parâmetros para o modelo;
2. Determinar a melhor (ou mais próxima dela) política de aplicação do teste;
3. Gerar exemplos;
4. Proporcionar suporte para as análises “o que...se...”(what if).

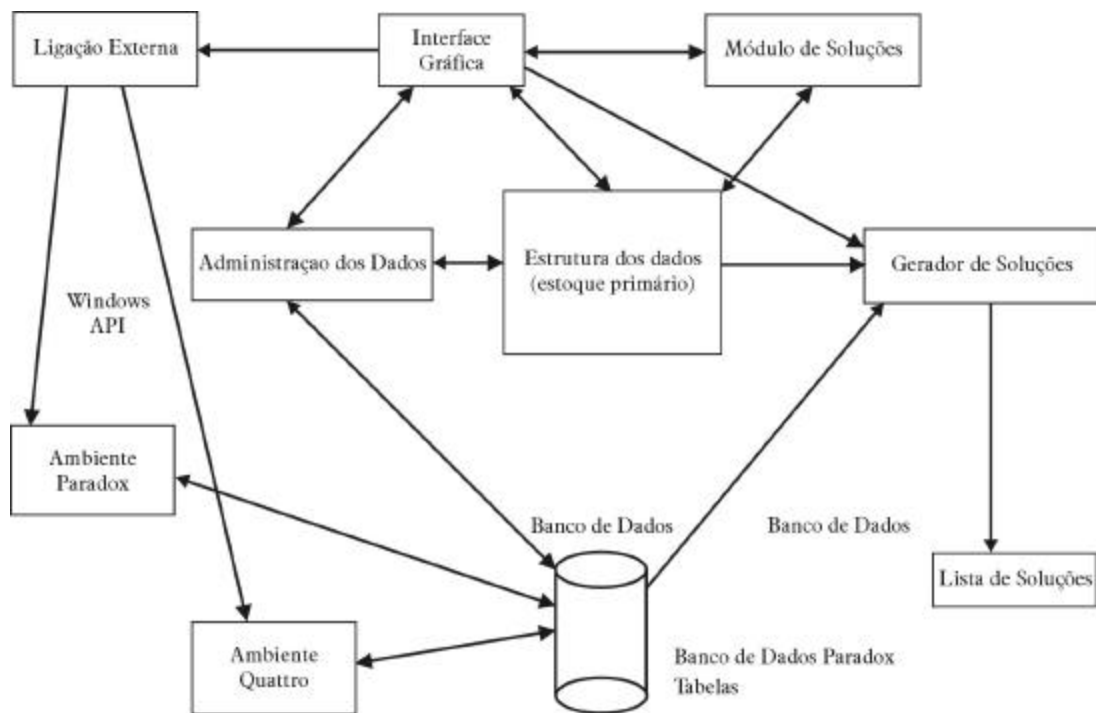


Figura 2. 22 - Arquitetura do DSS-DT (Chari et al., 1998)

Andreu *et al.* (1996) descrevem um sistema de suporte a decisão (DSS) genérico que, originalmente foi desenvolvido para o estágio do planejamento (para administradores) associado ao complexo de bacias hidrográficas e que posteriormente foi expandido para incorporar módulos relativos ao estágio operacional da tomada de decisão.

O módulo de projeto assistido por computador permite que qualquer sistema de recurso de água seja representado de forma gráfica dando acesso ao banco de dados geograficamente referenciado (georreferenciado) e o conhecimento dos elementos.

O modelamento inclui a capacidade de simulação da bacia e módulos de otimização, além de dois módulos de avaliação de risco.

Os autores apresentam a estrutura do sistema de suporte a decisão (DSS) que separa, claramente, os componentes e suas funções e concluem que existe um número de pré-requisitos para assegurar aos usuários que suas expectativas serão atendidas:

1. comunicação fechada entre os desenvolvedores do DSS e as técnicas que serão usadas. Isto garante que o produto final irá mostrar os reais problemas;
2. adotando um acesso que não irá tentar resolver todos os problemas de uma só vez mas irá progredindo a partir de questões das mais simples para as mais complexas. Desta forma o desenvolvimento de ferramentas no DSS responde a prioridades dos usuários finais ao invés de derivar de exercícios acadêmicos
3. a documentação completa das ferramentas desenvolvidas pode ser disponibilizada. Esta documentação inclui o manual do usuário para o DSS completo e/ou para cada módulo matemático separadamente, assim como um manual técnico, além dos exemplos.

Fedra (1993) apresenta um diagrama contendo as funções parciais de um sistema dedicado (Figura 2.23) e uma perspectiva do modelo orientado através de um modelo interativo em uma estrutura integrada (Figura 2.24).

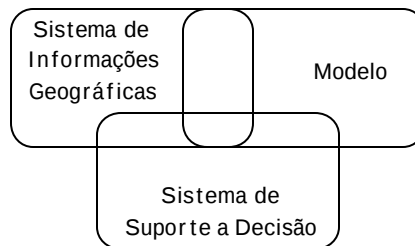


Figura 2. 23 - Funções parciais de um sistema dedicado (Fedra, 1993).

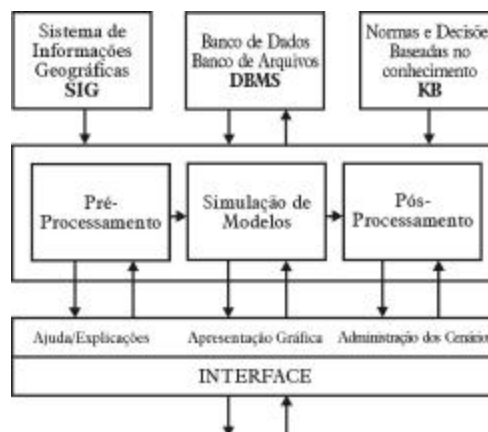


Figura 2. 24 - Funções parciais de um sistema dedicado (Fedra, 1993).

Smelcer & Carmel (1994) afirmam que os Sistemas de Informações Geográficas são sistemas de suporte a decisão, no momento em que são usados pelos administradores para visualizar dados espaciais tabelados, na forma de mapas, pois acreditam que o formato de representação da informação seja relevante para a tomada de decisão.

Portanto, eles confirmam as várias hipóteses sobre a superioridade dos mapas em relação as tabelas na representação das informações para a tomada de decisão. Os mapas são, relativamente, boas representações quando permitem que os administradores usem a visualização heurística para reduzir o número de estados do conhecimento.

Os autores afirmam, ainda, que a característica principal do DSS é permitir o acesso do usuário aos modelos de dados sem que este tenha que executar uma seqüência prévia de comandos predeterminados (para utilizar os dados nos diferentes módulos do sistema). As rotinas de modelamento podem selecionar os dados relevantes automaticamente do banco de dados do sistema. Em um DSS o usuário somente deverá interferir no sistema para controlar o processo do modelamento, não para conduzir operações básicas, necessárias ao modelamento. Já em um SDSS os modelos devem ser capazes de promover o uso da ferramenta banco de dados espacial de uma forma adequada. Isto requer que o SDSS seja construído com ferramentas de modelamento que permitam ao projetista (do modelo) o acesso ao banco de dados e aos componentes da interface do SDSS. Para o SIG ser usado como um gerador DSS, ele deve permitir intercâmbio automático e fácil dos dados entre seus módulos e possuir técnicas de modelamento que operam nos elementos não-espaciais dos dados. Isto pode requerer o afastamento de hipóteses tradicionais do projeto do SIG pelo usuário, operando o sistema através da manipulação direta dos comandos da interface.

Entre as definições comumente aceitas, a construção de um DSS específico a partir de um software SIG é possível pela incorporação de modelos que fazem uso do banco de dados do SIG e de uma interface. Neste contexto um PC com produtos SIG com limitada funcionalidade pode possuir maior controle para aplicações em projetos do que uma *Workstation* baseada em sistemas SIG. Enquanto estes sistemas (desktop) possuírem um SIG completo, devem ser capazes de fazer uso efetivo dos dados que podem ser preparados para uma proposta específica usando o SIG em seu aspecto integral. Sem dúvida, para ser a base do SDSS, entretanto, cada sistema deve possuir banco de dados manuseável com ferramentas apropriadas de acesso apropriadas. O uso de ferramentas de mapeamento que fornecem mapas simples sem as feições espaciais não é o suficiente.

O TransCAD é um exemplo de SIG para PC, projetado especificamente para administração de dados de transporte e é usado para facilitar o uso de modelos de transporte.

Ele é um ótimo exemplo de gerador DSS que gera um número de feições que são usadas especificamente em modelos de transporte (Tabela 2.19). Aplicações DSS podem ser desenvolvidas usando uma combinação dessas feições, por exemplo, a produção de uma interface juntamente com o uso de macros.

Tabela 2. 19 – TransCAD: um exemplo de SIG como gerador DSS

	Finalidade do gerador	Exemplo do sistema
Interface	Produção da interface	Alteração dos menus padrão DDE conexão com outro software
Banco de dados	Levantamento de feições relevantes	Matriz de dados, malha rodoviária, rotas
Modelos	Habilidade para construir modelos	Macro em linguagem "Caliper script", com link DDE para procedimentos de modelamentos em outras linguagens

O desafio para os desenvolvedores de SDSS é realizar uma síntese adequada da técnica de modelamento e interface com acesso ao banco de dados obtido do SIG e domínios especializados, para prover um efetivo suporte à decisão.

Maguire (1999) ao apresentar um diagrama representativo da interface de um Sistema de Informações Geográficas considerando os pressupostos da ESRI (Figura 2.25), afirma que as tendências gerais para sistemas desta natureza são:

- ? Bancos de dados relacionais estendidos (ou orientados a objetos) para o armazenamento tanto da descrição quanto da geometria dos objetos geográficos (em representações vetoriais), e para suportar ambientes multi-usuários como SDO/Oracle, VISION, GeoMedia, Smallworld;
- ? Modelos de dados orientados a objetos para organizar as informações geográficas através da criação de subtipos e de seus atributos, presentes em produtos como SPRING e Smallworld;
- ? Ferramentas sofisticadas de análise geográfica, como a geoestatística, apresentadas nas novas versões do IDRISI, ILWIS e SPRING.

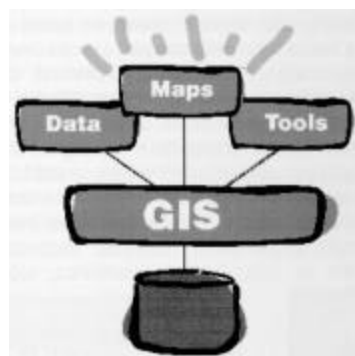


Figura 2. 25 - Interface do GIS de acordo com a ESRI (Maguire, 1999)

Mendes (1995) propõe através de um Sistema de Informações Geográficas a criação de um modelo de estimação de custo para conversão de mapas de uso do solo em bancos de dados digitais. O modelo é dividido em três fases: a primeira consiste na conversão do mapa analógico para digital, a segunda na criação de topologia e a terceira na definição de atributos. O autor apresenta, ainda, uma aplicação deste modelo em um município em Portugal.

Dragicevic & Marceau (2000) consideram que uma análise dos processos dinâmicos requerem a consideração de atributos espaciais e temporais e sua integração em um banco de dados de um SIG. Porém, banco de dados que trabalham com informações de formato raster possuem sérias limitações relacionadas aos componentes temporais dos dados. Estes dados são armazenados em diversos *layers*. Caso fique constatado que o intervalo de dados entre dois conjuntos de dados (*layers*) é muito grande, os autores afirmam que informações essenciais sobre as alterações (mudanças) poderão não ser detectadas. Os autores, então, sugerem a aplicação da Interpolação Espaço-Temporal baseada na teoria de Fuzzy para modelar estas informações perdidas.

Kim & Moon (1996) propõe uma nova forma de indexação para multi-atributos. Eles descrevem sobre a manipulação de vários algoritmos e classificam a indexação dos multi-atributos em sete classes de acordo com a forma de dividir os dados multidimensionais.

Um DSS pode ser desenvolvido a partir de ferramentas, softwares componentes individuais que são combinados para formar um DSS. Eles podem incluir linguagem de programação, bibliotecas de programas e pequenas aplicações especializadas (Sprag, 1980 in Keenan, 1997). Portanto, todos os geradores DSS possuem pontos fortes e fracos mas em termos de componentes chave, todos possuem: uma interface, um banco de dados e modelos (componentes básicos de um DSS mas que não suportam modelamentos).

Keenan (1997) afirma ainda que futuramente os softwares SIG promoverão um “link” entre a interface e o banco de dados para facilitar o uso dos dados espaciais. Entretanto, considerando o potencial de uso dos dados espaciais em planejamento, um SIG não é um DSS completo devido a ausência de modelos (Tabela 2.20).

O tratamento das informações no presente trabalho será executado de modo tradicional/mecânico a fim de possibilitar o controle de todos os passos de execução das análises e, posteriormente, sugerir sistemas de armazenamento, tratamento e distribuição dos dados e modelos, bem como programas de interface adequados às necessidades/possibilidades dos decisores.

Tabela 2. 20 – Características de um Sistema de Suporte a Decisão (Keenan, 1997).

Componentes do Sist. Sup. Decisão	Distribuição dos dados	Administração dos dados	Sistemas de Informações Geográficas
Interface	Tabelas, formulários, gráficos	Tabelas, formulários, relatórios	Multi-layer maps, plots
Banco de Dados	Células de entrada independentes	Ligação entre bancos de dados e tabelas	Ligação entre bancos de dados especiais e não espaciais
Ferramentas do Banco de Dados	Classificação e Seleção rudimentares	Questões abrangentes	Questões espaciais
Modelos	Construções baseadas em funções matemáticas, estatísticas e ferramentas de administração	Funções matemáticas básicas	Análise de modelos em rede e compilação básica
Ferramentas para Construção de Modelos	Registros ou macros programadas	Macros e linguagem básica de bancos de dados	"Scripts" – linguagem de macros; programas de interface com outras linguagens de programação

Grande parte dos modelos que vêm sendo desenvolvidos é direcionado aos usuários em potencial (usuários SDSS). Estes modelos consideram áreas do conhecimento como: estatística, administração e, em muitos casos, não requer o uso de dados espaciais. Entretanto, para o uso da técnica SDSS para aplicação em problemas reais, o componente espacial é imprescindível para a tomada de decisão. Os atributos obtidos podem ser dados não espaciais, entretanto, os dados utilizados para o modelamento podem ser identificados pelas operações espaciais. Por exemplo: análises espaciais podem determinar o número de usuários potenciais para um novo comércio onde os dados podem ter sido obtidos daqueles usados em modelos financeiros. Da mesma forma, o resultado de um modelo não espacial pode identificar operações espaciais que precisam ser executadas. Por exemplo: um algoritmo para nortear um veículo pode produzir uma rota de transporte, técnicas espaciais podem possibilitar a identificação de áreas afetadas pelo barulho resultante deste incremento de tráfego.

Em um modelo tradicional e usado para ordenar as alternativas, operações espaciais podem ser necessárias para identificar o impacto da decisão, por exemplo, para identificar aqueles que foram afetados pela implantação de uma nova facilidade.

Um exemplo de situação que requer funcionalidade complexa do SDSS é aquela relacionada ao roteamento das cargas perigosas. Nesta categoria de problemas o objeto do processo de roteamento pode ser o de evitar passar por áreas ocupadas.

Já numa aplicação de DSS o foco dos administradores é na natureza da decisão. O resultado do DSS é de interesse somente para estender as facilidades aos administradores, ou seja, para explorar os aspectos da decisão.

Segundo Kennan (1997) a integração de modelos somente permite o acesso à rotina de modelamento dos dados não espaciais por ser simples e menos efetiva. A integração total requer que a rotina do modelamento seja habilitada para que possam ser usadas todas as características de um Sistema de Informações Geográficas (Figura 2.26).

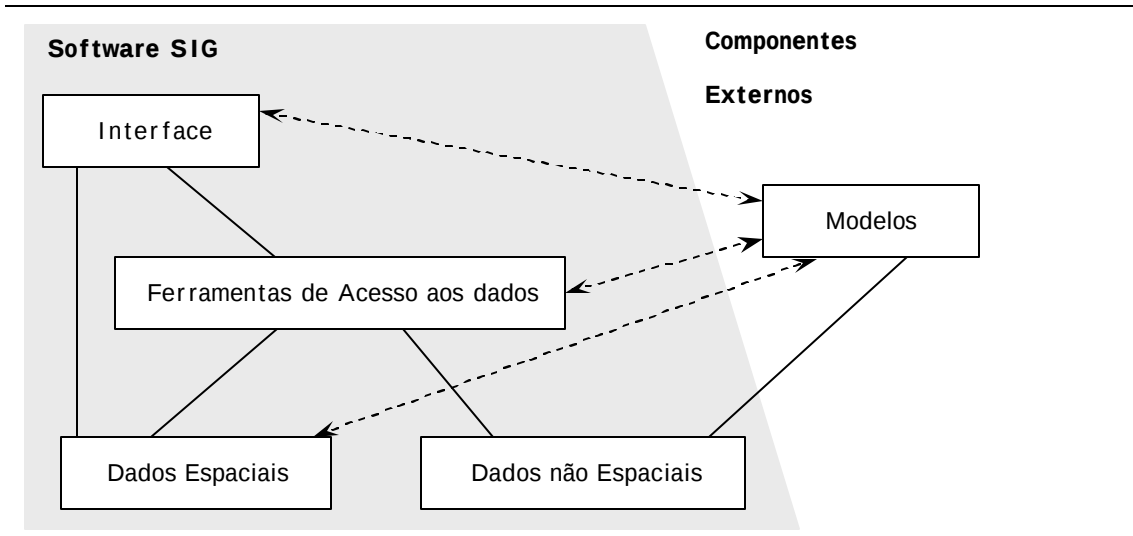


Figura 2. 26 - Construindo um SDSS pela integração de modelos e SIG (Keenan, 1997).

3 – PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO

O Brasil tem hoje mais de 5.500 municípios. Dentre eles, mais de 90% são de pequeno e médio porte, com até 50 mil habitantes; cerca de 8% têm entre 50 e 300 mil e apenas 1% tem mais de 300 mil habitantes. A modernização destes municípios, principalmente dos pequenos e médios, tem sido uma das grandes preocupações do Governo Federal e de todo o setor público uma vez que ela vem para melhorar a eficiência administrativa, aumentando a arrecadação e racionalização dos gastos (Roza & Galindo, 1999).

Davis (1999) afirma que devido à realidade tecnológica atual, tanto as prefeituras quanto as concessionárias estão redescobrimdo o valor da informação correta, confiável, atualizada, disponível com agilidade, apresentada de forma conveniente, no momento da tomada de decisão. A grande maioria das informações mantidas a respeito do ambiente urbano tem associada alguma forma de referência geográfica (endereço, CEP, cruzamento de vias, etc.), desta forma, os programas SIG passam a cumprir o papel de ferramenta de integração de bases de dados.

Até bem pouco tempo atrás, criar um banco de dados georreferenciado urbano significava executar um levantamento aerofotogramétrico na escala 1:8.000, restituir todos os objetos observáveis e gerar um conjunto de plantas na escala 1:2.000 (processo trabalhoso e caro). Atualmente, constitui-se uma base geográfica urbana simplificada, apoiada por imagens digitais de resolução suficientemente alta para a tarefa (com a desvantagem do grande espaço ocupado pelas imagens em disco). Porém, o grande problema consiste na escolha do software SIG pois nem todos conseguem manipular com igual eficiência as imagens e os vetores que formam a base geográfica.

Os programas SIG têm sido adotados pelas prefeituras principalmente para aumentar a arrecadação de IPTU, pois permitem corrigir irregularidades do cadastro técnico municipal. Apesar de ser esta a aplicação de retorno financeiro mais imediato e concreto, há outras finalidades para os programas SIG como o planejamento urbano, controle de áreas de risco, visualização espacial de dados sócio-econômicos, a distribuição de postos de atendimento e serviços sociais, projetos sanitários, coordenação de atividades, enfim, apoio à tomada de decisão.

A exemplo de Curitiba (Galindo *et al.*, 1999), para a elaboração do Plano Diretor, foram definidas diretrizes e procedimentos básicos, vigentes atualmente, quais são:

- ? Criação da Base de Referência Espacial (base única para formação do banco de dados georreferenciado);
- ? Adoção de codificação espacial padrão de referência (bairro, quadra, lote e trecho de rua);
- ? Implantação de procedimentos para garantir a manutenção permanente da Base Cartográfica para efetivar a atualização e confiabilidade da Base de Referência Espacial.

Posteriormente celebraram convênios a fim de estimular a integração das informações entre os diversos órgãos públicos, bem como o desenvolvimento de metodologias para a produção de mapeamentos automatizados.

Assim, com o desenvolvimento do trabalho, verificou-se a necessidade de organização de um Sistema de Informações Integrado, para o gerenciamento de tais atividades (Figura 3.1).

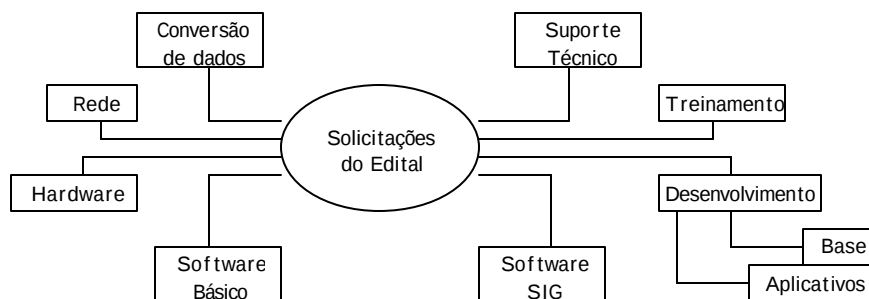


Figura 3. 1 – Aquisição de solução de geoprocessamento do IPPUC através de edital (Galindo *et al.*, 1999).

A implantação de tal sistema permite rápida geração e atualização dos mapas temáticos e analíticos, o que auxilia a administração municipal quando da análise de situações e necessidade de imediata tomada de decisão.

Seder *et al.* (2000) afirmam que existe uma extensa área de necessidades definidas em diferentes departamentos da administração municipal e que esta diversidade pode ser resolvida em atividade operacionais diárias que tem origem na visão dos administradores:

- ? estrutura organizacional conhecida e procedimentos empresariais;
- ? diversidade e complexidade dos domínios dados com aspectos semânticos espaciais e temporais e o inter-relacionamento entre eles;
- ? interdependência entre os procedimentos de decisão nas diferentes unidades administrativas.

As necessidades gerais em um suporte efetivo para administração podem ser classificadas nas seguintes categorias:

1. domínio e integração de procedimentos orientados e coordenação do fluxo de informações na administração;
2. suporte à informação para atividades como análise, observação, valoração e prevenção;
3. suporte inteligente para decisões como um meio termo entre os objetivos sociais e econômicos baseados em conhecimentos dos especialistas;
4. uso de um sistema de informação natural para o usuário e que ofereça transparência ao ambiente externo requerendo entendimento de alguma linguagem de computador.

É óbvio que hoje em dia os sistemas de informação podem auxiliar na aquisição, estoque e recuperação dos dados no domínio dos bancos de dados e dos programas SIG. Eles podem auxiliar na transferência dos dados e podem processar os dados na execução de análises estatísticas e na simulação de modelos. De fato eles produzem e processam dados de forma rápida e segura.

3.1 – Componentes Básicos

Güell (1997) afirma que a análise do meio estabelece as bases para identificar e compreender tanto as oportunidades como as ameaças derivadas de acontecimentos externos que afetam o sistema funcional urbano mas que estão fora do seu controle. A necessidade de se observar o "mundo exterior" à cidade é baseada no pressuposto de que os indicadores externos podem servir para fixar a posição relativa interna. Em outros termos, o sucesso ou o fracasso freqüentemente apresenta significado maior quando são avaliados a partir de bases comparativas.

Nenhuma situação é, por si própria, oportunidade ou ameaça. A chave para identificar a correta situação consiste em discernir o que ela representa para a cidade pois, qualquer situação pode ser entendida como tendência a um acontecimento que pode conduzir ao desenvolvimento sempre que a resposta estratégica seja adequada (Güell, *op.cit.*).

Para tanto, o estudo dos fatores externos é subdividido em três tipos de análise:

- ? análise do entorno: prevê e descreve as macrotendências mais significativas (exógenas a uma comunidade), que podem afetar seu desenvolvimento sócio-econômico;
- ? análise da demanda: as demandas promovidas tanto pelos agentes econômicos quanto pelos agentes sociais devem ser contempladas, adequada e equilibradamente, durante o processo de planejamento, do contrário a cidade

poderá apresentar uma oferta que não corresponda às reais necessidades de mercado e de seus habitantes;

- ? análise de competidores: as cidades que pretendem implantar um planejamento estratégico necessitam identificar as outras com as quais mantém uma competitividade em termos de atividade econômica e em termos habitacionais

Neste contexto, a Figura 3.2 apresenta os componentes básicos necessários para a tomada de decisão, relacionados a análise de perdas devido a eventos naturais, considerando, como base, o crescimento populacional.

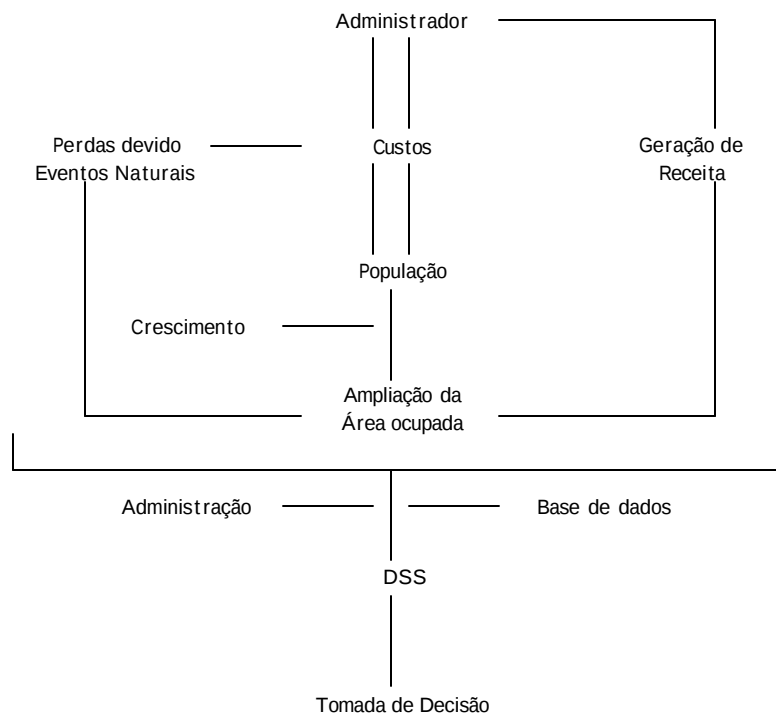


Figura 3. 2 – Processo de tomada de decisão com relação a perdas devido a eventos naturais.

3.2 – Tipos de Planejamento

Devido a novo dinamismo sócio-econômico que vem gerando uma série de alterações no cotidiano, os administradores estão tomando consciência da necessidade de se promover uma revisão dos enfoques tradicionais utilizados até recentemente no planejamento e gestão urbanos (Güell, 1979).

Os instrumentos tradicionais de planejamento urbano têm encontrado limitações devido: a dificuldade para controlar as forças externas ao processo do planejamento; a lenta assimilação das novas tecnologias; o baixo conhecimento da evolução dos processos sociais; e dificuldade para integrar eficaz e eficientemente as equipes interdisciplinares

Esta situação tem propiciado a aparição de novos enfoques metodológicos além de instrumentos de análise que enfatizam os seguintes aspectos:

- ? predomínio do processo: o planejamento tradicional separava projeto e execução e não estabelecia um caminho sistemático para gerir a evolução da cidade. Hoje em dia, ressalta-se a importância do plano como processo facilitador da gestão urbanística;
- ? enfoque integrado e coordenado: o planejamento setorial das cidades tem impedido a possibilidade de uma visão global de sua problemática e a formulação de um modelo integrado para o desenvolvimento futuro. A fim de superar o planejamento setorializado e desordenado do passado, tem sido proposta a integração do planejamento setorial assim como a coordenação horizontal e vertical entre os diversos níveis territoriais e administrativos do planejamento;
- ? enfoque estratégico: o planejamento normativo e centralizado, característico das décadas de 60 e 70 tem entrado em crise; a tendência atual encontra-se embasada nos conceitos e nas técnicas baseadas na reflexão e gestão estratégica;
- ? orientação ao custo-benefício: antigamente o planejamento limitava-se a considerar somente os objetivos e atualmente a tendência é a de estabelecer critérios de custo-benefício que avaliam e priorizam suas determinações;
- ? orientação à demanda: no passado, o planejamento era realizado com o objetivo de satisfazer as exigências e os elementos da oferta urbana (solos infra-estrutura, equipamentos, etc.), hoje, ao contrário, percebe-se uma crescente consideração das necessidades da demanda urbana (cidadãos, empresas, etc.);
- ? superação dos limites administrativos: hoje em dia, a implantação da política de ordenação territorial requer a formação de cidades e comarcas de acordo com ampla gama de critérios, de forma a superar os rígidos marcos impostos pela delimitação administrativa;
- ? participação focalizada: o entendimento progressivo da complexidade dos interesses e pessoas envolvidas no desenvolvimento sócio-econômico de uma cidade tem conduzido à segmentação e focalização do processo participativo, frente a fórmulas de participação aberta das décadas de 60 e 70.

Portanto, os problemas atuais e as ameaças futuras de uma cidade não podem ser resolvidas utilizando-se o enfoque tradicional (Figura 3.3). Para que possam ocorrer operações reestruturadoras compatíveis com os aspectos físico, econômico e social de uma

sociedade urbana, faz-se necessária uma política mais ampla com objetivos e estratégias intersetoriais.

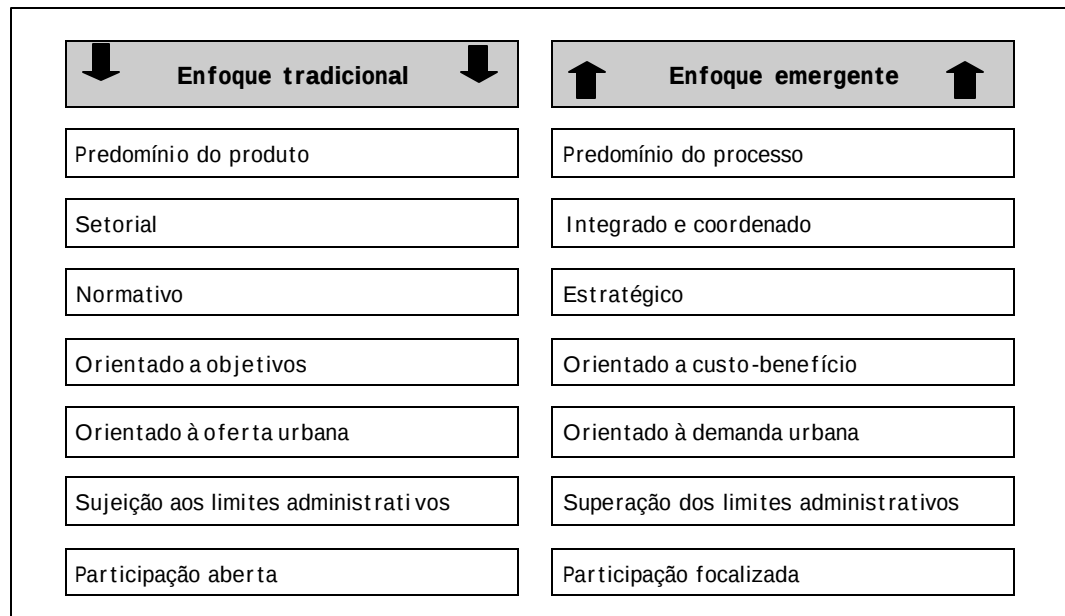


Figura 3. 3 – Evolução do planejamento urbano (Güell, 1997),

Em outros termos, torna-se necessário um projeto estratégico ambicioso que cumpra, no mínimo, os objetivos básicos de orientar e articular as ações setoriais que devem ser empreendidas em um programa global e estimular o conjunto da sociedade a alcançar um horizonte definido, o que pode ser conseguido com o planejamento estratégico.

Desta forma, entende-se que o planejamento estratégico seja um processo criativo, baseado em atuações integradas em longo prazo e que tenha (ou esteja) associado um sistema contínuo de tomada de decisão que considere: riscos, identifica direções de ações específicas e que todos os agentes econômicos e sociais estejam envolvidos.

Entendendo o planejamento estratégico desta forma têm-se como características fundamentais:

- 1 - visão em longo prazo e portanto, de caráter pluri-legislativo;
- 2 - considerar o entorno, ou seja, a região, o estado, o país, etc.
- 3 - identificar a vertente competitiva da região em termos econômicos e sociais;
- 4 - considerar a realidade urbana como um problema integral e complexo a ser resolvido, seja em termos sócio-econômicos e políticos, operacionais e culturais;
- 5 - ser flexível quanto aos aspectos de tomada de decisões, ou seja, obedecer principalmente os aspectos técnicos e não legais e rígidos;
- 6 - conhecer os temas e situações críticas que necessitam de decisões mais efetivas;

7 - avaliar a viabilidade de uma ação, em termos de áreas (local), recursos e problemas decorrentes;

8 – considerar sempre a participação (ou respeitar) dos componentes dos setores públicos e privados;

9 - avaliar os riscos decorrentes das decisões ao longo do tempo e custos associados;

10 - envolver técnicos competentes e atualizados quanto aos conhecimentos relacionados a uma região urbana.

3.3 – Integração das Informações

Segundo Gillenson & Goldberg (1986) o interesse por informações pertinentes ao desenvolvimento urbano está ligado ao surgimento das cidades, uma vez que a própria evolução em termos de produção em massa, especialização do trabalho, uso da moeda e a troca de serviços e produtos tornou essa prática indispensável.

Os autores afirmam, ainda, que com a necessidade crescente de manter os mais variados tipos de registros (incluindo-se calendários, dados relativos a censos, levantamentos, registros de propriedade de terras além de vários outros) o que levou à criação da “escrituração mercantil de dupla entrada” que era executada em papel, mas que por volta do século XVII (a exemplo da "calculadora" inventada por Blaise Pascal em 1640 que possibilitava a execução de somas e subtrações e que foi a precursora do velocímetro dos automóveis modernos) iniciou-se o interesse por dispositivos que fossem capazes de processar os dados “automaticamente”, ainda que de modo rudimentar.

Atualmente, os Sistemas de Informação Geográfica vêm sendo utilizados na mais variadas áreas do planejamento urbano e regional (saneamento, redes elétricas e de telecomunicações, controle ambiental, etc.) para auxiliar no processamento de dados, apesar disto, a maioria dos sistemas disponíveis não apresenta uma integração das informações cartográficas com as informações descritivas.

Segundo Perez *et al.*(1997) existem duas justificativas para a inexistência de um gerenciamento integrado dos dados via um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), quais são:

? os SGBD disponíveis não oferecem facilidades para manipulação de dados espaciais;

? é mais “simples” usar *links* associando os dois tipos de informações.

Diversas soluções técnicas existem para que se possa conhecer uma propriedade como um todo, a fim de não tomar decisões inadequadas. Uma delas, o geoprocessamento, permite

que sejam elaboradas cartas para diversos fins, como exemplo o uso do solo, áreas sujeitas a alagamento, barragens, áreas com erosão ou movimentos de massa, áreas degradadas, etc.

Além de ser necessário ter um conhecimento dos recursos naturais (solo, clima, relevo, vegetação, recursos hídricos, etc.) e da geomorfologia da região (relevo, declividade, etc.) o conhecimento das características sócio-econômicas também é necessário para que se tenha um embasamento para identificação e utilização sustentada, ou desenvolvimento de determinada atividade apropriada, apontando as áreas que devam ser trabalhadas e aquelas que devam ser preservadas ou utilizadas com recursos tecnológicos específicos.

Ao considerar todo esse volume de informações, torna-se necessária a adoção de técnicas não convencionais para manipulação e modelamento dos dados, bem como para os levantamentos. É neste contexto que o geoprocessamento e as técnicas de sensoriamento remoto (tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem o contato físico com os mesmos), apresentam grande potencial de aplicação.

A adoção de um sistema de geoprocessamento é de suma importância, pois o planejador poderá associar a seu mapa um banco de dados, sendo este implantado em função da atividade desenvolvida, buscando um melhor planejamento para otimizar o uso e minimizar a degradação ambiental. Através das técnicas de geoprocessamento pode-se avaliar o potencial de aptidão ou restrição para cada tipo de uso, definindo práticas adequadas de manejo e conservação do solo e da água, considerando e cruzando aspectos diversos sobre o meio ambiente (solos, clima, vegetação nativa, recursos hídricos, infra-estrutura, etc.).

Alguns destes dados (como por exemplo a precipitação) são importantes para a execução de várias análises (necessidade de se obter o número de dias secos ou chuvosos para análise de áreas sujeitas a inundações). Conforme o tipo de tratamento destes dados, pode-se obter um valor médio que poderá ser especializado por meio do modelo numérico de terreno (também para solos, relevo, área a ser ocupada, além dos mapas de precipitação) que fornecerá informações auxiliares na Tomada de Decisão.

A implementação de um sistema de geoprocessamento, associado a um banco de dados que complementa as informações espaciais torna os resultados mais precisos além de ser imprescindível para realizar um planejamento mais dinâmico. É necessário, portanto, estar atento à compatibilidade destes dados.

Segundo Davis (1994 *in* Marinho, 1998), um padrão de dados deve ser flexível e os arquivos de dados geográficos devem conter, no mínimo, as seguintes informações:

- ? sistema de projeção cartográfica utilizado;
- ? sistema de coordenadas utilizado;

- ? unidades utilizadas para a representação de coordenadas;
- ? estrutura das informações incluídas no arquivo;
- ? representação gráfica e/ou alfanumérica de objetos;
- ? relacionamento lógico entre os objetos incluídos no arquivo.

Ribeiro & Souza (1995) definem metadados geográficos com a descrição dos dados geográficos armazenados nas bases de dados, com o objetivo de documentar o seu conteúdo, facilitando a localização dos dados e o entendimento de seu significado pelos usuários. Estes, muitas vezes, são organizados em um dicionário de dados.

Marinho (*op. cit.*) afirma que a principal razão para a documentação desses dados é a manutenção dos investimentos das organizações em seus dados geográficos, evitando a superposição de esforços de coleta e manutenção dos dados, problemas de inconsistência ou uso impróprio da informação.

3.4 – Componentes do Meio Ambiente

Desde os primórdios da civilização, o Homem vem usando os recursos naturais sem as devidas cautelas. Primitivamente utilizou tais recursos com o intuito de se alimentar e se vestir de forma rudimentar. Tais necessidades tão elementares se comparam com as exigências atuais do homem urbano, produzindo fortes impactos e incidências sobre o meio natural.

Não obstante, há dois aspectos fundamentais que diferenciam completamente o problema atual dos de outras épocas: escala mundial do processo de degradação, como consequência do aumento demográfico verificado na atualidade, e o exagerado crescimento da capacidade de transformação do meio ambiente, que muitas vezes foge das possibilidades de previsão e controle, pela evidente falta de mecanismos de autoajuste do sistema.

As constantes contradições entre as formas de abordagem da problemática ambiental pelas regiões industrializadas/desenvolvidas e por aquelas em via de desenvolvimento, sempre passam pela difícil relação *meio ambiente x desenvolvimento*. Os primeiros propõem acentuados níveis de preservação e conservação dos recursos e baixos índices de contaminação, enquanto os outros defendem o máximo aproveitamento dos mesmos recursos, de maneira a satisfazer às necessidades básicas das populações.

Tal dicotomia é verificada no âmbito de países como o Brasil, provocada pelo desequilíbrio no desenvolvimento das diferentes regiões geográficas, sendo muitas as causas que produzem esta situação, podendo-se destacar sinteticamente as seguintes: escassez de informações sobre os espaços passíveis de ocupação; não consideração do homem como

componente maior do ecossistema; não inclusão de custos e benefícios sociais na avaliação de programas e projetos; planejamento e gestão fragmentados e setorializados dos recursos naturais, além da total predominância do interesse privado de curto prazo sobre o público.

A evolução gradativa do tema “planejamento do desenvolvimento e o meio ambiente”, tem possibilitado o enriquecimento de conceitos e metodologias para o estabelecimento de interações entre ambos, proporcionando o surgimento de novos instrumentos de análises que contemplam o meio físico, não do ponto de vista estático, como simples oferta dos recursos naturais, mas sim com enfoque dinâmico, preocupado essencialmente, haja vista as inter-relações existentes, com a sociedade.

Quando se trata do estudo do meio físico onde se desenvolvem as ações para as quais se planeja, a gestão ambiental sugere que, através do conhecimento do comportamento e inter-relações dos sistemas naturais (e até mesmo sociais), podem-se otimizar os usos alternativos dos recursos, tratando de superar a visão limitada da gestão como ação meramente corretiva, para se dar maior alcance, através de ação preventiva e, mais ainda, ordenadora do espaço e do manejo dos recursos ambientais.

Qualquer enfoque na solução dos problemas deve atender aos seguintes princípios: (a) levantamento de informações básicas e/ou complementares sobre as diferentes áreas; (b) preservação dos recursos naturais não renováveis; (c) manejo racional dos recursos renováveis.

É ponto comum que a introdução da dimensão ambiental no processo de planejamento e tomada de decisões tenha como objetivo que as considerações do tipo econômico e social estejam relacionadas com as possibilidades que oferece cada ambiente específico. Na maioria dos países, os processos de planejamento se iniciam e fundamentam em diagnósticos setoriais e globais, onde a dimensão ambiental somente aparece desagregada segundo os recursos e os âmbitos considerados, introduzindo distorções e contradições que mais tarde ocasionam custos reais nos processos de desenvolvimento econômico e social.

Seder *et al.* (2000) admitem que a preservação ambiental tem sido uma importante meta mundial em termos de políticas públicas. Para tanto, os administradores requerem informações detalhadas sobre a situação ambiental atual e a continuidade do desenvolvimento, uma vez que a administração urbana e regional necessita de soluções que objetivam tanto o balanço ecológico quanto o econômico.

No Brasil várias tentativas de realização de diagnósticos do meio físico vêm sendo realizadas de forma esporádica e seguindo diferentes metodologias, com vista a avaliar, naquele momento, o estado/qualidade ambiental.

A preocupação com os problemas de uso e ocupação ordenados do meio físico, resulta da crescente percepção da sua importância para a própria sociedade no tocante às questões ambientais, cada vez mais freqüentemente em pauta em todos os setores sociais. Tais aspectos decorrem, na realidade, das conseqüências desastrosas da relação do homem com o meio físico – ao utilizar inadequadamente seus recursos, chegando mesmo a desconsiderar os limites da natureza.

Alicerçado neste tipo de experiência, acredita-se na necessidade de uma ordem metodológica que auxilie na compreensão das interações entre análise do meio físico, ambiente e desenvolvimento, estabelecendo parâmetros para a determinação daquelas áreas nas quais se queira implementar estratégias de melhor aproveitamento dos recursos naturais, dentro do contexto global de desenvolvimento.

O problema metodológico a ser resolvido tem complexidade de ordem conceitual e operacional. As primeiras iniciam com a definição de meio físico, ambiente e suas relações com os aspectos sociais/culturais e econômicos. As dificuldades operacionais surgem não somente das características atuais das instituições ligadas a estes setores, mas também das condições de incertezas e de subjetividade que permeiam no conceito ambiental.

A análise ambiental é o estudo mais completo a ser executado em uma região, em termos ambientais. Avaliação ambiental significa, *lato sensu*, compreensão e mensuração segundo as relações mantidas entre os elementos e aspectos físicos, bióticos, econômicos, sociais e culturais, desde que o objeto de estudo seja assim constituído. Além disso, pressupõe que o enfoque a ser adotado não se resuma cartesianamente e não se conclua de forma reducionista e mecanicista.

Como fonte depositária de conhecimentos científicos, a avaliação ambiental de uma região permite que se identifiquem suas potencialidades de uso (inclusive o não uso), de ocupação, suas vulnerabilidades e seu desempenho futuro estimado. Dessa maneira, ela possibilita que se otimizem decisões ligadas à sua preservação, conservação e ecodesenvolvimento. É básica e fundamental, portanto, para realizações auto-sustentadas.

A avaliação ambiental, quando adequadamente desenvolvida, precisa estabelecer uma medida de comparação entre situações alternativas. Avaliar pressupõe mensurar e comparar. Dessa forma, é fundamental a utilização dos conceitos de cenários ambientais, temporal e especialmente distintos, de modo a que se proceda a avaliação entre situações concretas e potenciais diversas, porém essencialmente comparáveis.

O estudo do meio físico no contexto de interdisciplinaridade implica a adoção de um referencial de conceitos, a partir do qual se possa obter os resultados que melhor definam,

exprimam e comuniquem às diferentes disciplinas envolvidas, os impactos decorrentes. Os insumos das disciplinas e a integração dos dados deverão orientar a gestão ambiental.

A *ecologia* é o campo de conhecimento responsável pelos estudos da estrutura e funcionamento dos ecossistemas (Zuquette, 1993). Deve-se avaliar, então, os limites de cada ecossistema, quando da implantação das diversas formas de ocupação.

Análise ambiental é um termo recente e que busca um contexto amplo do meio ambiente, considerando os três grandes grupos (físico, biótico e antrópico) e envolvendo todos os seus componentes. A *análise ambiental* é baseada em procedimentos de avaliação dos problemas decorrentes da implantação de uma forma de ocupação em determinada região.

O instrumento da *Avaliação do Impacto Ambiental (AIA)* é constituído de uma série de procedimentos legais, institucionais e técnico-científicos, que visa identificar os possíveis impactos decorrentes da futura instalação de um empreendimento, prever a magnitude destes impactos e avaliar a sua importância. É provável que seja o instrumento de planejamento e gestão ambiental mais conhecido e praticado no mundo. No Brasil, vem sendo aplicado crescentemente desde 1986, especialmente em razão de determinação legal e conseqüente difusão do *Estudo de Impacto Ambiental* e respectivo *Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima)*, documentos que devem ter elaboração prévia à instalação do empreendimento e que visam subsidiar a tomada de decisão sobre a viabilidade ambiental do projeto proposto (Bitar & Ortega, 1998).

Ao *manejo ambiental* corresponde a fase de planejamento e implementação das ações orientadas para melhorar a qualidade de vida do ser humano em uma extensão territorial de interesse e que reúna características semelhantes.

A *gestão ambiental* trata da administração integrada da região (ambiente) com critérios de equilíbrio, promovendo o desenvolvimento e bem estar harmonioso dos seres humanos (melhorar a qualidade de vida, manter a disponibilidade dos recursos) sem esgotar e/ou deteriorar os recursos renováveis e sem destruir (dilapidar) os não renováveis (Zuquette, *op. cit.*).

Ao *desenvolvimento sustentado* corresponde o conjunto de processos de transformações naturais, econômico-sociais, culturais e institucionais que buscam assegurar melhores condições de vida e de produção, sem deteriorar o meio ambiente, nem comprometer as bases de um desenvolvimento positivo no futuro (Zuquette, *op. cit.*).

Entende-se como *meio ambiente* o “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (Lei Federal 6938/81).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1989) define *meio ambiente* como sendo “determinado espaço onde ocorre a interação dos componentes bióticos (fauna e flora), abióticos (água, rocha e ar) e biótico-abiótico (solo). Em decorrência da ação humana, caracteriza-se também o componente cultural”, ou “a somatória dos recursos físicos que possibilitam e amparam a vida e compõem a base para a satisfação das necessidades humanas”.

Já o *Desenvolvimento sustentável* é definido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras, para atender às suas próprias necessidades.

Os componentes do ambiente interagem através de trocas de energia e matéria estabelecendo fluxos; é importante lembrar, porém, que não há transferência de matéria sem transferência de energia.

A abordagem do meio ambiente deve ter uma perspectiva integradora, mesmo quando for iniciada sob ótica setorializada do meio físico, biológico ou sócio-econômico e cultural. A interação entre estes meios define o ambiente.

Segundo Sewel (1978) a *poluição* é definida como “quaisquer cargas de resíduos ou mesmo mudanças no ambiente natural que sejam diretamente nocivas ao homem”, ou mesmo “alterações indesejáveis nas características físicas, químicas ou biológicas de nosso ar, solo, água, que podem ou não afetar adversamente a vida humana, ou outras espécies desejáveis, ou processos industriais, as condições de vida e os recursos naturais” (Academia Nacional de Ciências/Conselho Nacional de Pesquisas dos EUA, Waste Management and Control, Publicações 1400 (1996) p3).

Deve-se então, distinguir os conceitos de contaminação e poluição: enquanto a *contaminação* se refere à simples transmissão de elementos compostos ou microorganismos que possam prejudicar a saúde do homem ou de animais, a *poluição* se caracteriza muito mais por seus efeitos ecológicos, que produzem transformações do meio ambiente, de forma a este tornar-se impróprio ao desenvolvimento normal dos seres. O conceito de *contaminação* estaria, então, associado ao conceito de *poluição* ou constituiria um aspecto particular deste.

De acordo com Zuquette (*op.cit.*), *poluição* corresponde ao “conjunto de alterações que provocam mudanças no meio e que o tornam impróprio para o desenvolvimento das atividades naturais normais ou antrópicas correntes.

Os processos tecnológicos dos diferentes tipos de intervenções (obras civis, mineração, urbanização, atividades agrícolas, etc.) produzem alterações no meio físico que podem levar a geração de áreas degradadas.

A degradação, no contexto da problemática ambiental decorrente de intervenções do meio físico, remete ao sentido de degradação do solo.

Segundo a ABNT (1989), *degradação do solo* é a “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais” e pode ser entendida como um tipo de impacto ambiental negativo.

Conforme a Legislação Ambiental Brasileira (Decreto Federal 97.632/89), a *degradação* é o conjunto de “processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais”.

Em termos de recuperação das áreas degradadas, a ABNT (1989) adota a seguinte terminologia:

- ? *restauração*: está associada a idéia de reprodução das condições exatas do local, tais como eram antes de serem alteradas pela intervenção;
- ? *recuperação*: está associada a idéia de que o local seja trabalhado de modo a que as condições ambientais acabem se situando próximas às condições anteriores à intervenção, ou em outras palavras, devolver ao local o equilíbrio e a estabilidade dos processos ambientais ali atuantes anteriormente. Segundo Barth (1989) a recuperação é definida como o processo de reverter terras degradadas em terras produtivas e auto-sustentáveis. O uso futuro do solo depende das metas de recuperação, a curto e longo prazos, e de sua capacidade para dar suporte a utilização planejada;
- ? *reabilitação*: está associada à idéia de que o local alterado deverá ser destinado a uma dada forma de uso do solo, de acordo com projeto prévio e em condições compatíveis com a ocupação circunvizinha.

O *impacto ambiental negativo* é o “resultado de atividades de desenvolvimento ou de qualquer evento perigoso, que impossibilita a ocupação (uso), deteriora bens e serviços, que são ou poderão ser úteis para os seres humanos” (Zuquette, *op. cit.*).

A Resolução nº001 do CONAMA (23/01/86) define *impacto ambiental* como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

Já o Federal Environmental Assessment Review Office define *impacto ambiental* como “os processos que perturbam, descaracterizam, destroem características, condições ou processos no ambiente natural; ou que causam modificações nos usos instalados, tradicionais, históricos do solo e nos modos de vida ou na saúde dos segmentos da população humana; ou que modifiquem de forma significativa, opções ambientais”.

O EIA (Estudo do Impacto Ambiental) é um conjunto de procedimentos, alguns de natureza técnico-científica, outros de natureza administrativa, destinados, em princípio, a fazer com que os impactos ambientais de um projeto sejam sistematicamente analisados e, posteriormente, que assegurem os resultados dessa análise, na influência dos procedimentos para a implantação do projeto, controlando os efeitos ambientais esperados. Esses efeitos ora denominados como impactos ambientais, podem ser de diferentes naturezas e apresentarem-se de formas distintas.

A avaliação dos impactos ambientais negativos é uma etapa fundamental no planejamento da ocupação de uma área, assim como nos processos de implantação dos diferentes tipos de ocupação, reorganização territorial (regional e urbana) e no gerenciamento das atividades antrópicas.

Na análise dos possíveis impactos ambientais que podem ocorrer, devem ser considerados alguns aspectos básicos como: fontes, tipos de efeitos, tempo de aparecimento, modificações que podem surgir e quais os objetivos destas ações.

A Deliberação do CECA (Centro de Cadastros Ambientais) nº 1078 de 25/06/87 do Rio de Janeiro apresenta uma distinção de alguns tipos de impactos ambientais e suas conseqüências:

- ? Impacto positivo ou benéfico: quando a ação resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro ambiental (deslocamento de uma população que resida em palafitas para uma nova área adequadamente localizada e urbanizada).
- ? Impacto negativo ou adverso: quando a ação resulta em um dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental (lançamento de esgoto não tratado em lagos ou rios).
- ? Impacto direto: resultante de uma simples relação causa e efeito (perda da diversidade biológica pela derrubada de u’a mata).
- ? Impacto indireto: resultante de uma reação secundária em relação à ação, ou quando é parte de uma cadeia de reações (formação de chuvas ácidas).

- ? Impacto local: quando a ação afeta apenas o próprio sítio e suas imediações (mineração).
- ? Impacto regional: quando o impacto se faz sentir além das imediações do sítio onde se dá a ação (abertura de uma rodovia).
- ? Impacto estratégico: quando o componente ambiental afetado tem relevante interesse coletivo ou nacional (implantação de projetos de irrigação).
- ? Impacto imediato: quando o efeito surge no instante em que se dá a ação (mortalidade de peixes devido o lançamento de produto tóxicos).
- ? Impacto a médio ou longo prazo: quando o impacto se manifesta certo tempo após a ação (bioacumulação de contaminantes na cadeia alimentar).
- ? Impacto temporário: quando seus efeitos têm duração determinada (efeitos do derrame de petróleo sobre um costão rochoso exposto).
- ? Impacto permanente: quando, uma vez executada a ação, os efeitos não cessam de se manifestar num horizonte temporal conhecido (extinção de um manguezal).
- ? Impacto cíclico: quando o efeito se manifesta em intervalos de tempo determinados (anoxia devido à estratificação da coluna d'água no verão e reaeração devido à mistura vertical no inverno, num corpo hídrico costeiro que recebe esgotos municipais).
- ? Impacto reversível: quando o fator ou parâmetro ambiental afetado, cessada a ação, retorna às suas condições originais (poluição do ar pela queima).

A *avaliação dos impactos ambientais negativos* é uma etapa fundamental no planejamento da ocupação de uma área, assim como nos processos de implantação dos diferentes tipos de ocupação, reorganização territorial (regional e urbana) e no gerenciamento das atividades antrópicas.

A análise e avaliação do grau do impacto deve se basear em todas as informações sobre o tipo de ocupação a ser implantado, o “hazard”, os elementos e o meio ambiente (Figura 3.4). Portanto há necessidade de estudos globais sobre o meio ambiente e o conhecimento das exigências dos tipos de ocupação e/ou das características dos eventos perigosos (hazards).

Os tipos de empreendimentos que têm sido objeto do EIA/Rima no Brasil são: minerações, barragens hidrelétricas, estradas de rodagem, aterros sanitários, unidades de tratamento de resíduos, oleodutos, loteamentos residenciais, indústrias, usinas termelétricas,

dentre outros; ou seja, qualquer empreendimento potencialmente causador de impacto ambiental.

Os processos do meio físico e suas possíveis interações com o projeto proposto devem ser analisados considerando as fases de instalação e funcionamento do empreendimento e, dependendo do caso (como em mineração e aterros sanitários), a sua desativação e proposições de uso futuro.

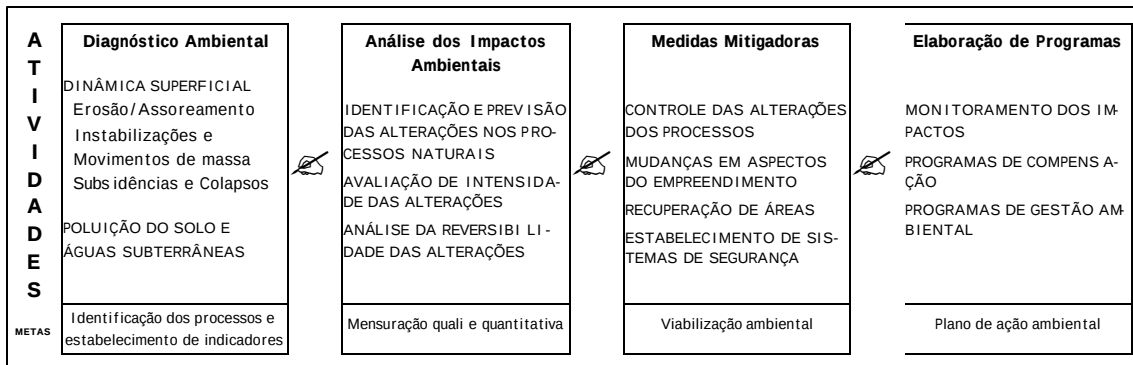


Figura 3. 4 – Principais atividades e metas de um estudo de impacto ambiental, destacando aspectos do meio físico (IPT, 1992).

A consideração prévia sobre a possibilidade de que determinada alteração em um processo do meio físico tende a ser significativa, devido aos prováveis impactos ambientais associados, constitui o elemento fundamental para a decisão de que tal processo deve ser caracterizado e analisado no âmbito da AIA.

3.4.1 – Gestão integrada

Segundo Zuquette (1993), o desenvolvimento de uma região, para ser considerado equilibrado, deve propiciar uma relação adequada (positiva) entre os seres humanos e o meio ambiente em função da organização do sistema produtivo (gerador das atividades antrópicas) e das necessidades sócio-econômicas. Para que este pressuposto seja atingido, o planejador deve considerar as seguintes condições:

1. as limitações dos meios físico e biológico;
2. a razão custo/benefício deve ser sempre inferior a 1;
3. a necessidade crescente de espaços e de produtividade com o tempo;
4. que a maioria dos recursos naturais não são renováveis;
5. que mudanças ocorrerão com o tempo e alterarão as características iniciais;
6. a existência de locais que estão sujeitos a riscos naturais ou induzidos;
7. as formas de ocupação alteram o meio físico de maneira cumulativa e irreversível.

A preocupação com os problemas de uso e ocupação ordenados do meio físico, resulta da crescente percepção da sua importância para a própria sociedade no tocante às questões ambientais, cada vez mais freqüentemente em pauta em todos os setores sociais. Tais aspectos decorrem, na realidade, das conseqüências desastrosas da relação do homem com o meio físico – ao utilizar inadequadamente seus recursos, chegando mesmo a desconsiderar os limites da natureza.

Alicerçado neste tipo de experiência, acredita-se na necessidade de uma ordem metodológica que auxilie na compreensão das interações entre análise do meio físico, ambiente e desenvolvimento, estabelecendo parâmetros para a determinação daquelas áreas nas quais se queira implementar estratégias de melhor aproveitamento dos recursos naturais, dentro do contexto global de desenvolvimento.

O problema metodológico a ser resolvido tem complexidade de ordem conceitual e operacional. As primeiras iniciam com a definição de meio físico, ambiente e suas relações com os aspectos sociais/culturais e econômicos. As dificuldades operacionais surgem não somente das características atuais das instituições ligadas a estes setores, mas também das condições de incertezas e de subjetividade que permeiam no conceito ambiental.

Sewel (1978) afirma que meio ambiente é a “soma de todas as influências externas e forças externas que agem sobre um objeto que, por suposição geral, é um ser vivo”.

Os componentes do ambiente interagem através de trocas de energia e matéria estabelecendo fluxos; é importante lembrar, porém, que não há transferência de matéria sem transferência de energia.

Apesar do meio ambiente ser um conjunto que funciona integrado, para o seu estudo técnico e para aplicação do direito, seu desmembramento é fundamental (tabelas 3.1 e 3.2):

Tabela 3. 1 - Componentes do meio ambiente

Natural		Antrópico	Antrópico Artificial	
Físico	<i>Águas</i>	Cultural	Obras	<i>edificações</i>
	<i>Solo / Rochas</i>	Artificial		<i>vias de transporte</i>
	<i>Ar</i>	Trabalho		<i>etc.</i>
Biótico	<i>Flora</i>	Saúde		
	<i>Fauna</i>			

A abordagem do meio ambiente deve ter uma perspectiva integradora, mesmo quando for iniciada sob ótica setorializada do meio físico, biológico ou sócio-econômico e cultural. A interação entre estes meios define o ambiente.

IPT (1992) esquematiza o relacionamento entre os diferentes meios que compõe o ambiente, com ênfase no papel do meio físico (Figura 3.5).

Tabela 3. 2 - Componentes do meio ambiente

COMPONENTES	MEIO AMBIENTE		CARACTERÍSTICAS
ÁGUAS SUPERFICIAIS	N	FÍSICO	Qualidade, exploração
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	A		Qualidade, exploração
SOLO	T		Exploração
ROCHA	U		Exploração
CLIMA	R		Ar, Temperatura, Chuvas
FLORA	A	BIÓTICO	Exploração, Manutenção
FAUNA	L		Proteção, Exploração
CULTURAL	ANTRÓPICO		Qualidade
TRABALHO			
SAÚDE			
ARTIFICIAL			Construções, ocupações, trânsito, energia

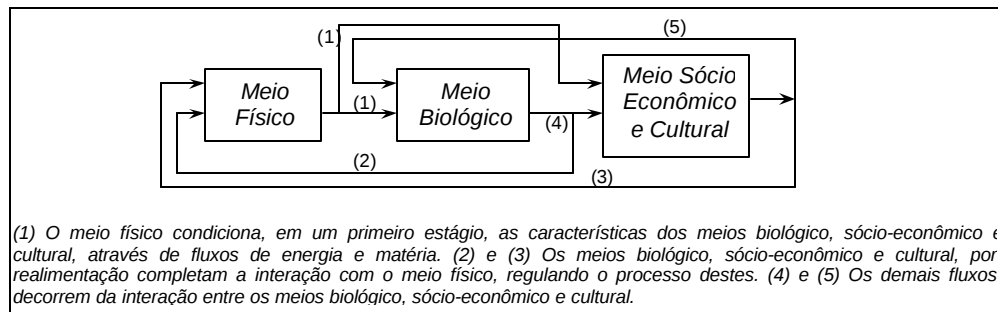


Figura 3. 5 – Dinâmica do meio ambiente e o papel do meio físico (IPT, 1992).

A interação entre os meios e seus componentes é dinâmica e tende a modificar, amplificar ou controlar os fluxos ou desenvolver novas propriedades. Nesta dinâmica podem ser individualizadas linhas ou vias de fluxos associadas a determinados fenômenos que condicionam as feições e a evolução do meio, configurando-se como processos do ambiente.

O modelo de gestão integrada associa as mais modernas tecnologias, de modo cooperativo, permitindo tanto a visão sinóptica de todo o município como a visão detalhada, imóvel por imóvel dando ênfase na interação entre o homem e o meio ambiente.

Os deslizamentos, inundações, além da perda de vidas e prejuízos materiais vultosos estão, em geral, associados a condições climáticas adversas e são, na verdade, consequência direta da ocupação desordenada e irracional. Avaliar adequadamente a capacidade do meio ambiente em suportar a atividade humana é a única forma de evitar desastres.

Alguns processos do meio físico têm sido significativamente modificados por obras de engenharia e pelo uso do solo no cenário nacional. Dentre estes, destacam-se aqueles que, com crescente processo de expansão da ocupação urbana e rural no país, assumiram importância maior em face das repercussões e desdobramentos associados, sobretudo em termos sociais, econômicos e ambientais.

Os solos são produto da interação rocha/relevo/clima e, portanto, sintetizam as principais características destes elementos. Assim, conhecendo-se o solo pode-se inferir sobre

o material de origem, a forma do relevo, a declividade, o sistema de drenagem, o comportamento hídrico e a susceptibilidade aos processos do meio físico.

No entanto, apesar de ser uma importante ferramenta, os solos são virtualmente desconhecidos pela maioria dos profissionais que trabalham na área ambiental.

3.4.2 – Informações específicas

Zuquette (1993) apresenta uma seleção de atributos que devem ser levantados no processo de mapeamento geotécnico global, a partir dos quais podem ser elaboradas cartas interpretativas e derivadas (Tabela 3.3).

Onde:

z – Zoneamento Geoambiental

** Fotointerpretação sempre está relacionada

b – Mapeamento geotécnico básico (imagens de satélite, fotos aéreas)

e – Erosão (fotos de baixa altitude e terrestre)

a + z – Análise ambiental (“a” só para análise ambiental, deverá ser feita a composição com “z”)

Tabela 3. 3 –Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo /Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção /Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
Águas	Superficiais		- Escoamento superficial	- Classes - Zonas	e,z	*Relativa(método de Cook) *Estimativas *Medidas de campo	-Potencial -Atual
			- Infiltração (Infiltração potencial)	-Curvas de infiltração -Valores	b	*Relativa *Ensaio de campo *Estimativa	-Variável com uso
			- Áreas de acúmulo de águas(temporário e permanente)	-Distribuição -Dimensões	b,z	*Fotointerpretação	-Lenta para condições naturais -Rápida condições antrópicas
			-Características físico - químicas(pH,Ce,Turbidez, Luminosidade)	-Zonas	b	*Análises laboratoriais *Análises com padrões em campo	-Variável
			-Bacias hidrográficas desde 1ª ordem(Segundo Strahler)	-Mapa	e,b,z	*Fotointerpretação	-Lenta
			-Densidade de canais/Km	-Zonas	e,b	*Fotointerpretação	-Lenta
			-Tempo de concentração	-Valores	e	*Estimativa	-Variável em função das ocupações
			-Canais de drenagens com fluxo permanente	-Distribuição	b,z	*Trabalhos de campo *Fotos aéreas baixas/ Imagens de satélites	-Lenta
	Subterrâneas		-Presença de lentes salgadas	-Distribuição -Profundidade	b,z	*Trabalhos de campo *Registros de controle	-Avanço pode ser rápido
			- Aquíferos (livres ,confinados)		z	*Fotointerpretação *Trabalhos de campo	-Lenta
			-Áreas de recargas	-Zonas	z	*Relativas *Medidas de campo	-Lenta
			-Profundidade/espessura do aquífero		b	*Trabalho de campo *Geofísica, Sondagens	-Lenta

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
Geomorfologia			-Fontes naturais(posição espacial)	-Localização (x,y,z)	b,z	*Trabalho de campo (GPS)	-Lenta
			- Gradiente hidráulico	-Direção - Intensidade		* Medidas *Estimativas	
			-Poços existentes	-Localização (x,y,z)	b	*Registros *Trabalho de campo(GPS)	-Variável em função da ocupação
			-Escoamento básico	-Zonas e características	e,z	*Relativa *Estimativa *Medidas 'insitu'	-Potencial -Atual
			- Características físico-químicas(pH,Ce,)	-Zonas	b	*Análises laboratoriais *Análises com padrões de campo	-Lenta
			- Áreas de descargas	-Distribuição	z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação *Modelos	-Lenta
	Morfometria		-Amplitude de relevo	-Classes	b	*Fotointerpretação *Trabalho de campo(GPS)	-Lenta
			-Declividade	-Classes	e,b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação *Escritório	-Lenta -natural -Rápida -antrópica
			-Direção e sentido da maior declividade	-Registro vetorial	e,b	*Fotointerpretação *Escritório	-Lenta
		unidades básicas	-Land forms	-Tipos	e,b,z	*Fotointerpretação(fotos antigas)	-Lenta
			-Formas das encostas ou dos landforms(vertical e longitudinal)	-Combinações	e,b	*Fotointerpretação	-Lenta - natural -Rápida - antrópica
			-Comprimento das encostas ou dos landforms	-Classes	e,b	*Fotointerpretação	-Lenta

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
Geologia	Substrato Rochoso		-Tipo rochoso /Grupo litológico		b	*Fotointerpretação *Trabalhos de campo	-Lenta
			-Litologia		b,z	*Trabalhos de campo	-Lenta
			-Mineralogia		e,b	*Laboratório	-Lenta
			-Densidade aparente/ Porosidade aparente		b	*Ensaio Laboratoriais	-Lenta
			-Profundidades/espessuras	-Classes	b	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Lenta
			-Distribuição (em área e em profundidade)		b,z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Lenta
			-Estruturas(descontinuidades) -Geometria, distribuição, Jv, caracterização	-Classificações	b	*Fotointerpretação *Trabalhos de campo	-Lenta
			-Grau de intemperismo	-Price (1993)	b	*Trabalho de campo *Laboratório	-Lenta
			-Alterabilidade (potencial)	-Classificação	b	*Laboratório	-Variável
			-Condutividade hidráulica	-Classes	b	*Ensaio *Estimativa *Analogia *Relativa	-Lenta
			-Resistência mecânica	-Classes	b	*Estimativa	-Lenta

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/ Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
	Evidências de processos		-Deposição (indícios de assoreamento)	-Distribuição - Intensidade -Volume	b,z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Variável
			-Sismicidade (intensidade)	- Intensidade	b,z	*Registros	-Variável
			-Subsidência (áreas de calcários, escavações abandonadas)	-Distribuição -Dimensões	b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			- Erosivos (concentrados e laminares)	-Distribuição -Tipos -Dimensões	b,z	*Fotointerpretação *Trabalhos de campo	-Rápida
			- Alterações naturais nos canais de drenagens	- Distribuição - Dimensões	z	*Fotointerpretação *Trabalhos de campo	- Rápida
			- Movimentos de massa (escorregamentos, creep, etc.)	- Distribuição - Tipos	b,z	*Fotointerpretação *Trabalhos de campo	- Rápida
	Materiais Inconsolidados	Gerais	-Origem (residual, retrabalhado)	-Distribuição	e,b,z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo *Laboratório	
			-Variação em profundidade (perfil de alteração ou dos mats. inconsolidados)	-Classificação	e,b,z	*Trabalhos de campo	-Lenta
			-Distribuição (em área)		e,b,z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Lenta
			-Presença de matacões	-Dimensões -Profundidade -Frequência			-Lenta

Tabela 3.3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
			-Presença de camadas de lateritas	-Dimensões -Profundidade -Frequência			-Lenta
			-Textura	-Curva Granulométrica	e,b,z	*Trabalhos de campo *Ensaio de granulometria	-Lenta
			-pH(H ₂ O e KCl) / (? pH)	-Zonas	b	*Laboratório	-Lenta
			-Índice de vazios	-Zonas	b	*Laboratório	-Lenta
			-Mineralogia básica		b	*Laboratório	-Lenta
			- Pesos específicos : dos sólidos, aparente seco de campo e máximo	-Zonas	b	*Laboratório (ABNT e ASTM)	-Lenta
			-Índice de Erodibilidade	-Zonas	e,b	*Laboratório	-Lenta
			-C.T.C.(Capacidade de troca Catiônica) ou C.T.A	-Zonas e classes	b	*Método do IAC *Absorção de azul de metileno	-Lenta
			- Potencial à salinidade	-Zonas	z	*Laboratório	-Lenta
		Específicos	- Expansibilidade (potencial)	-Minerais -Pressão de expansão	e,b	*Estimativa(mineralogia, C.T.C,S.E).	-Lenta
			- Colapsividade(potencial)	-Zonas	b	*Estimativa	-Lenta
			-Fator de retardamento, dispersividade, etc.	-Zonas		*Laboratório *Estimativa	-Lenta
			- Características químicas (pH,SO ₃ , S, Ce)	-Zonas	b	*Laboratório *Medidas em campo	
			- Capacidade de campo e ponto de murchamento (água disponível)	-Zonas	b	*Laboratório *Estimativa *Medidas em campo	-Lenta
			- Potencial quanto a Fertilidade	-Zonas	z	*Laboratório *Estimativa	-Rápida - antrópica

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
Feições do Tecnógeno			-Condutividade hidráulica	-Zonas e classes	b	*Medidas em campo *Laboratório *Estimativa	-Lenta
			-Resistência mecânica/ suporte	-S.P.T -G.C.campo	b	*Ensaio *Estimativa	-Lenta
			-Equivalente areia		b	*Laboratório	-Lenta
			-Áreas de aterros e entulhos	-Distribuição	b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			-Áreas utilizadas para exploração de materiais para construção civil	-Distribuição -Dimensões -Tipos	b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			-Depósitos relacionados a exploração mineral	-Distribuição -Dimensões -Tipos	b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			-Explorações minerais	-Distribuição -Dimensões -Tipos	b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			-Antigos depósitos de rejeitos e resíduos	-Distribuição -Dimensões -Tipos	b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			-Depósitos devido as alterações antrópicas junto aos canais de drenagens	-Distribuição -Dimensões -Tipos	b,z	*Trabalho de campo *Fotointerpretação	-Rápida

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
Biológicos	Corpos d'água		-Tipos e distribuição		z	*Fotointerpretação *Trabalhos de campo	-Média
			-Salinidade, B.O.D., C.O.D, temperatura, profundidade do corpo aquoso, luminosidade	-Zonas	a	*Trabalhos de campo *Medidas em campo *Laboratório	-Rápida
			-Taxa de Sedimentos	-Zonas - Tipos	a	*Trabalhos de campo *Medidas em campo *Imagens	-Rápida
			-Interdependência entre os organismos	-Relações	a	*Trabalhos de campo	-Média
	Animais	Terrestres	-Tipos		z	*Trabalhos de campo	-Rápida
			-Inventários		z	*Trabalhos de campo	
	Vegetação	Natural	-Anomalias	-Zonas	z	*Trabalhos de campo	
			-Distribuição e tendências	-Zonas	z	*Trabalhos de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			-Valor econômico ou preservacionista	-Zonas e classes	a	*Escritório	
			- Inventários	-Tipos	a	*Trabalhos de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			- Tipos		z		
			- Anomalias	-Zonas	a	*Trabalhos de campo *Fotointerpretação	-Rápida
			- Distribuição e tendências	-Zonas	z	*Fotointerpretação	-Rápida
			- Valor econômico ou preservacionista	-Zonas -Finalidade	a	*Escritório	-Rápida

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
			- Classificação quanto a taxa de massa verde (H< 1m)	-Zonas -Taxas	z	*Trabalho de campo *Escritório	-Rápida
			- Profundidade das raízes	-Zonas e classes	z	*Trabalho de campo	-Rápida
			- Capacidade de retenção de água em superfície	-Zonas e classes	z	*Trabalho de campo *Laboratório *Estimativa	-Rápida
		Antrópica	- Tipos/ciclos		z	*Trabalho de campo	-Rápida
			- Classificação quanto a taxa de massa verde(H<1m)	-Zonas -Taxas	z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Rápida
			- Profundidade das raízes	-Zonas e classes	z	*Trabalho de campo	-Rápida
			- Capacidade de retenção de água em superfície	-Zonas e classes	z	*Trabalho de campo *Laboratório *Estimativa	-Rápida
Climáticos			-Pluviosidade	-Zonas e classes	e,b,z	*Registros *Medidas	-Lenta
			-Temperatura	-Zonas e classes	z	*Registros *Medidas	-Lenta
			-Umidade relativa	-Zonas e classes	a	*Registros *Medidas *Estimativa	-Lenta
			-Direção e velocidade dos ventos	-Zonas e classes	b	*Registros *Medidas	-Lenta
			-Insolação	-Zonas e classes	b	*Registros *Medidas	-Lenta
			-Evapotranspiração real e potencial	-Zonas e classes	b,z	*Estimativa	-Lenta

Tabela 3. 3 (continuação) – Atributos do Mapeamento Geotécnico Global (Zuquette, 1993).

Componentes	Tipo/Aspecto	Agrupamento	Atributos	Aspectos	Finalidade Fundamental	Formas de obtenção/Avaliação	Dinâmica em termos de características de banco de dados
			- Intensidade pluviométrica	-Zonas e classes	e,b,z	*Registros *Medidas	-Lenta
			- Distribuição temporal das chuvas	-Zonas e classes -Tempo de recorrência	e,b,z	*Registros *Medidas	-Lenta
Processos antrópicos superficiais recentes			- Cordões de nível	-Tipos -Dimensões -Distribuição	z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Rápida
			- Canais construídos para drenagem (com ou sem proteção)	-Tipos -Dimensões -Distribuição	z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Rápida
			- Barragens ou barramentos (qualquer tipo)	-Tipos -Dimensões -Distribuição -Finalidades	z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Rápida
			- Áreas com irrigação	-Tipo -Distribuição	z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Rápida
			- Obras que interferem no fluxo das águas subsuperficiais	-Tipos -Dimensões -Distribuição -Finalidades	z	*Fotointerpretação *Trabalho de campo	-Rápida
Sócio-econômicos	Sociais Educativos Econômicos		-População, saúde, escolas	-Tipos -Distribuição	a	*Trabalho de campo *Registros	-Rápida
			-Necessidades da população	-Linhas vitais	a	*Trabalho de campo *Registros	-Rápida
			-Usos atuais do solo, indústrias e tipos de rejeitos, postos de gasolina, dutos.	-Tipos -Distribuição	a	*Trabalho de campo *Registros	-Rápida

3.4.3 – Informações integradas

O meio físico corresponde a parcela do meio ambiente representada basicamente por uma grande variedade de rochas, solos e corpos d'água, todos associados a uma extensa gama de formas de relevo. As diferentes formas destes componentes do meio físico são caracterizadas através da repetição e arranjo de elementos menores que as compõe. Estes elementos básicos, ou atributos, podem resultar de dois grupos de processos naturais (Zuquette, 1993):

- ? processos primários associados a origem dos corpos rochosos e das feições estruturais geológicas (falhas, fraturas, foliações, dobras, etc.);
- ? processos secundários responsáveis pela dinâmica do meio físico, origem dos perfis de alteração, processos erosivos e deposicionais, regime das águas e caracterização do relevo.

Considerando os trabalhos de identificação e levantamento dos atributos referentes aos movimentos de massa gravitacionais e dos processos correlatos, deve-se levar em consideração:

- ? identificação dos atributos que tem influência nos fenômenos;
- ? a forma como contribuem tanto para ocorrência do fenômeno como no processo;
- ? a influência individual e em conjunto com outros atributos;
- ? metodologia de identificação.

A avaliação dos eventos (movimentos de massa gravitacionais e processo correlatos) através de uma listagem de fatores e atributos destaca-se como um dos mecanismos mais utilizados e que se caracteriza por fornecer todos os aspectos que devem ser considerados.

Os atributos utilizados na elaboração dos mapas para análise dos movimentos de massa gravitacionais e processos correlatos podem ser obtidos das mais diversas formas (Tabela 3.4 – atributos para identificação dos movimentos de massa gravitacionais e processos correlatos em áreas urbanas e as formas de obtenção). Alguns procedimentos para obtenção dos atributos limitam-se a fornecer valores estimados enquanto que outros fornecem valores exatos, determinados em laboratório ou mesmo em campo.

Tabela 3. 4- Listagem dos atributos que influenciam nos movimentos gravitacionais de massa e processos correlatos proposta por Zuquette, 1998 – (modificada por Bonuccelli, 1999).

Componente	Atributo	Formas de obtenção			
		Fotointerpretação	Trabalhos de campo	Registros prévios	Laboratório/ Escritório
RELEVO	declividade				x
	direção/sentido do vetor de maior declividade				x
	perfil vertical e longitudinal da encosta	x	x		x
	presença de escarpas	x	x		
	características dos vales	x	x		
ÁGUAS superficiais e subterrâneas	densidade canais drenagem	x			x
	variação gradiente canais de drenagem	x			x
	zonas concentração fluxo superficial	x			x
	presença lagoas e/ou depressões no terreno	x	x		
	alterações canais drenagem	x	x		
	presença de surgências e suas características		x	x	
	NA: profundidade e sazonalidade		x	x	
	fluxo do NA direcionado		x		
	zonas mais favoráveis a variações de poro-pressão		x		
	presença de zonas com nível de água suspenso		x	x	
	alterações no fluxo de água subterrânea	x	x		
	relações do NA e materiais retrabalhados		x		
	litologia, grau alteração, resistência		x		x
	áreas com rochas aflorantes	x	x		
	caracterização das descontinuidades presentes	x	x		x
SUBSTRATO ROCHOSO	zonas de falhas ou áreas intensamente fraturadas	x	x		
	perfil de litologias e perfil de alteração		x		
	alternância de materiais com diferentes níveis de resistência		x		x
	alternância de materiais com diferentes níveis de permeabilidade		x		x
	alternância de materiais com diferentes níveis de competência		x		
	camadas litológicas com comportamento de descontinuidades		x		
	presença de materiais expansivos		x		x
	grau de paralelismo entre o topo rochoso e a superfície do terreno		x	x	
	características do perfil de alteração		x		x
	intercalação de materiais com diferentes níveis de resistência		x		x
	intercalação de materiais com diferentes níveis de permeabilidade		x		x
MATERIAL INCONSOLIDADO	intercalação de materiais com diferentes níveis de erodibilidade		x		x
	tipo de contato entre materiais residuais e transportados		x		
	posicionamento dos materiais transportados na encosta	x	x		
	presença de materiais expansivos e intercalação com materiais não expansivos		x		x
	presença de matacões próximos a superfície	x	x		
	posicionamento dos matacões em relação à geomorfologia da encosta	x	x		
	tipo de vegetação	x	x		
	sistema de raízes		x	x	
	presença de diferentes estratos		x		
COBERTURA VEGETAL	espçamento ou densidade	x	x		
	presença de escavações	x	x		
	locais de disposição de resíduos e rejeitos	x	x		
AÇÃO ANTRÓPICA	ocupações que promovem alterações no sistema hidrogeológico da encosta	x	x		
	características da ocupação urbana	x	x		
	características das áreas de mineração	x	x		
	precipitação pluviométrica		x	x	x
CLIMA	distribuição temporal das chuvas		x	x	x
	distribuição espacial das chuvas		x	x	x
	insolação das encostas		x	x	
	direção preferencial dos ventos em relação à encosta		x	x	
	temperatura e umidade relativa do ar		x	x	

3.4.4 – Legislação

A Legislação Ambiental deve ser entendida obedecendo a diferentes campos de aplicação do Direito.

Duas questões básicas podem direcionar toda a análise:

- ? desde quando existe o direito ao Meio Ambiente?
- ? por que do interesse em proteger os bens ambientais?

No Brasil, o tema tem destaque à ? 20 anos, mas pode -se retornar aos Sumérios (40 séculos antes de Cristo) que protegiam o Rio Eufrates, para que durante as enchentes, as águas fossem canalizadas para as estepes; e os Egípcios (30 séculos antes de Cristo) que protegiam o Rio Nilo para o cultivo agrícola depois das enchentes.

Estes povos protegiam os rios, pois a sobrevivência de cada um deles dependia exclusivamente dos rios.

O ser humano somente pode exigir seus direitos se estiver vivo, assim, é de fundamental importância que conserve o meio ambiente, pois este é a base de sua sobrevivência.

Temos, então, que o ser humano é o centro do meio ambiente e que a sua proteção garantirá a continuidade da vida, assim como da qualidade de vida.

Os países em regime democrático buscam com diferentes intensidades, garantir a Diretriz da ONU sobre o Direito ao Desenvolvimento: Art. 1º. - O direito ao desenvolvimento é um direito inalienável do ser humano...”*visto que todos têm direito a participar do desenvolvimento econômico, social, cultural e político, a ele contribuir e desfrutar*”...

Neste caso, o direito ao Meio Ambiente é de caráter difuso (pertence à coletividade).

A Legislação Ambiental é um conjunto de normas de diversas origens, épocas e de enfoques e conteúdos que têm em comum, regular o uso e consumo dos bens e serviços que constituem o Meio Ambiente (para os setores privado e público).

Como o Meio Ambiente é um direito naturalmente difuso, este deve obedecer a regras processuais previstas no Título III do Código de Defesa do Consumidor, integrado a Lei 7345/85, ou seja, pode-se recorrer à defesa dos direitos e interesses difusos, coletivos e individuais (está protegido pela Constituição Federal de 1988).

Como o Brasil faz parte do sistema Romano Germânico, a aplicação do direito deve obedecer a uma hierarquia de normas, tendo no topo, a Constituição Federal.

Quanto ao Meio Ambiente, o princípio constitucional Art. 5º XXXV estabelece que todo tem direito a buscar no judiciário a proteção contra qualquer perda ou ameaça.

Os procedimentos jurídicos de defesa da sociedade são:

- ? Ação Civil Pública regulamentada pela Lei nº 7347 de 24/06/1985.
- ? Ação Popular regulamentada pela Lei nº 4717 de 1965.
- ? Mandato de Segurança regulamentado pela Lei nº 1533 de 31/12/1951.
- ? Direito Civil do Código do Direito do Consumidor amparado pela Lei nº 8078 de 1990.

A Ação Civil Pública pode ser adotada por entidades que não foram atingidas diretamente pelos danos ambientais, tais como:

- ? Ministério Público;
- ? União;
- ? Estados;
- ? Municípios;
- ? Fundações;
- ? Empresas Públicas;
- ? Associações constituídas; etc.

A Ação Popular pode ser adotada por qualquer cidadão e busca reprimir e prevenir atividades que podem trazer problemas ao Meio Ambiente.

O Mandato de Segurança permite as pessoas físicas, jurídicas e entidades, ingressarem em juízo para proteger o direito individual e coletivo.

O Código de Direito do Consumidor pode ser acionado por qualquer cidadão no sentido de proteger seus direitos, relativos a qualquer aspecto do Meio Ambiente.

Sendo o sistema de Direito Romano Germânico, ou seja, hierárquico, é fundamental conhecer os diferentes níveis que formam o conjunto de normas que regem o comportamento da sociedade.

A Constituição, a Lei maior de um país, é, em síntese, o conjunto de normas que organizam os elementos constitutivos do Estado que compreende o território, a população e o governo. A Constituição Federal é o fundamento de toda a legislação e dela deriva toda a ordem jurídica. A Constituição Federal em vigência, de 1988, trás vários artigos relacionados à Geologia, Mineração e Meio Ambiente, com o por exemplo, a exigência de planos diretores para toda e qualquer cidade com número superior a 20 mil habitantes, além de definir os recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica como propriedade distinta do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento.

O Brasil, por ser uma República Federativa, possui três esferas de governo, geradoras de legislação: a União, os estados (e o Distrito Federal) e os Municípios. Os estados possuem suas constituições estaduais e os municípios, suas leis orgânicas. No caso de leis federais,

estaduais e municipais sobre um mesmo assunto, prevalece a lei maior, no caso, a federal. Isto é particularmente importante para a legislação ambiental, onde é comum as três esferas de governo possuírem legislação.

Abaixo da Constituição situam-se as leis complementares, as que necessitam aprovação por maioria absoluta do Congresso; as leis ordinárias, as que necessitam de aprovação por maioria simples e os decretos (ou regulamentos), tanto federais, como estaduais e municipais.

As leis são aprovadas pelos poderes legislativos: federal (Câmara dos Deputados e Senado), estadual (Assembleia Legislativa) e municipal (Câmara de Vereadores). Os decretos ou regulamentos são editados pelo poder executivo-federal, estadual ou municipal - e não podem contrariar as leis, apenas precisar sua operacionalidade. Normalmente, as leis são elaboradas no âmbito das repartições públicas, dos ministérios, das secretarias estaduais e municipais e enviadas ao legislativo correspondente. Poucas leis de iniciativa do legislativo são aprovadas. Os códigos, também aprovados por lei, são conjuntos sistematizados de normas sobre determinados assuntos, como por exemplo, o Código de Mineração, Código de Águas, Código do Consumidor, etc.

Várias são as legislações que tratam dos assuntos ambientais, direta ou indiretamente. Dentre elas devem ser destacadas:

- Artigos da Constituição Federal: ART. 5 - XXII, XXXV, LXXI, LXXII; ART.20 - I a XI; ART.21 - XIX, XX, XXIII, XXV; ART.22 - IV, XII, XXVI; ART.23 - I a VIII; ART.24 - VI a VIII; ART.26 - I a IV; ART.30 - I, II, VIII; ART.43 - § 2, IV, § 3; ART.49 - XIV a XVI; ART.91 - III; ART.129 - III; ART.170 - III, IV; ART.174 - § 3, § 4; ART.176 - §1 a §4; ART.182 - § 1, §2; ART.186 - I a IV; ART.200 - VII, VIII; ART.216 - V § 1, § 3, § 4; ART.231 - § 1, § 2, § 3, § 6; ART.232
- Legislação de Órgãos Ambientais: LEI 6938 (31/08/81); LEI 7797 (10/07/89); LEI 8005 (22/03/90); LEI 8490 (19/11/92); LEI 8746 (09/12/93); LEI 8970 (28/12/94); DEC. 97632 (10/04/89); DEC. 97633 (10/04/89); DEC. 97946 (11/07/89); DEC. 98161 (21/09/89); DEC. 99274 (06/06/90); DEC. 1205 (01/08/94); DEC. 1354 (29/12/94); PORT. INTER. 1 (30/09/88); PORT. MMA 2 (14/03/93); RESOL. CONAMA 2 (17/11/94); PORT. MMA 326 (05/12/94); RESOL. CONAMA 6 (15/06/89); RESOL. CONAMA 3 (22/08/91); RESOL. CONAMA 22 (07/12/94)

Quanto aos temas, valem ser destacados:

- ? ÁGUAS: Dec. Lei nº 892 (11/11/1934); Dec. nº 24.643 (10/07/1934); Dec. nº 50.877 (29/06/1961); Resol. nº 20 (18/07/1986).
- ? FAUNA / FLORA: Lei nº 5.197 (03/01/1967); Lei nº 7.754 (14/04/89); Dec. nº 24.645 (10/07/34); Dec. nº 37.884 (13/09/55); Dec. nº 50.813 (20/06/61); Dec. nº 97.628 (10/04/89); Dec. nº 97.635 (10/04/89); Dec. nº 98.897 (30/01/90); Dec. nº 98.914 (31/01/90); Dec. nº 563 (05/06/92); Dec. nº

- 750 (10/02/93); Dec. nº 1298 (27/10/94); Port. MMA nº 241 (30/08/94); Resol. CONAMA nº 011 (14/12/88); Resol. CONAMA nº 04 (31/03/93); Resol. CONAMA nº 10 (01/10/93); Resol. CONAMA nº 1 (31/01/94); Port. IBAMA nº 439 (09/08/89); Port. IBAMA nº 440 (09/08/89); Port. IBAMA nº 441 (09/08/89); Port. IBAMA nº 110-N (07/10/92); Instrução Normativa IBAMA nº 5 (20/10/92); Port. IBAMA nº 24 (16/03/94); Port. IBAMA nº 29 (24/03/94).
- ? MINERAÇÃO: Dec. Lei nº 227 (28/02/67 - Código de Minas); Lei nº 7.805 (18/07/89); Resol. CONAMA nº 207 (16/09/87); Resol. CONAMA nº 009 (06/12/90); Resol. CONAMA nº 010 (06/12/90); Resol. CONAMA nº 23 (07/12/94); Port. Normativa IBAMA nº 435 (09/04/89).
- ? PARCELAMENTO DO SOLO: Dec. Lei nº 58 (10/12/37); Lei nº 6.766 (19/12/79).
- ? CULTURA: Dec. Lei nº 25 (30/11/37); Port. nº 11 (11/09/66 - SPHAN).
- ? SAÚDE: Lei 2.312 (03/09/54); Dec. nº 49.974-A (21/01/61).
- ? MERCOSUL: Resol. nº 8 (04/05/94).
- ? MANUTENÇÃO AMBIENTAL: Lei nº 3.824 (23/11/60).
- ? PESCA: Dec. Lei nº 221 (28/02/67); Lei nº 7.634 (18/12/87); Lei nº 7.679 (23/11/88); Port. Minister. nº 61 (19/01/95).
- ? EROSÃO: Lei nº 6.225 (14/07/75); Dec. nº 77.775 (08/06/76).
- ? POLUIÇÃO ATIV. INDUSTRIAL: Dec. Lei nº 1.413 (14/08/75); Dec. nº 76.389 (03/10/75).
- ? ENERGIA NUCLEAR: Lei nº 6.453 (17/10/77); Resol. CONAMA nº 24 (07/12/94); Resol. CONAMA nº 36 (12/94).
- ? TURISMO: Lei nº 6.513 (20/12/77); Dec. nº 86.176 (06/07/81).
- ? ZONEAM. INDUSTRIAL: Lei nº 6.803 (02/07/80).
- ? GERENCIAM. COSTEIRO: Lei nº 7.661 (16/05/88); Dec. nº 96.660 (06/09/88).
- ? AGRICULTURA: Lei nº 8.171 (17/01/91); Port. IBAMA nº 95-N (30/08/93).
- ? TRANSPORTE: Lei nº 8.723 (28/10/93); Port. Min. nº 100 (14/06/80); Resol. CONAMA nº 001-A (23/01/86); Resol. CONAMA nº 18 (06/05/86); Resol. CONAMA nº 003 (15/06/89); Resol. CONAMA nº 004 (15/06/89); Resol. CONAMA nº 015 (07/12/89).
- ? PARQUES NACIONAIS: Dec. nº 84.017 (21/09/79); Dec. nº 89.336 (31/01/84); Resol. CONAMA nº 004 (18/09/85); Resol. CONAMA nº 010 (03/12/87); Resol. CONAMA nº 011 (03/12/87); Resol. CONAMA nº 10 (14/12/88); Resol. CONAMA nº 013 (06/12/90); Port. IBAMA nº 283-P (18/05/89).
- ? BACIAS: Dec. nº 94.076 (05/03/87).
- ? CORREÇÃO PREJUÍZOS: Dec. nº 95.733 (12/02/88).
- ? ZONEAMENTO ECOLÓGICO/ECONÔMICO: Dec. nº 99.193 (27/03/90); Dec. nº 99.540 (21/09/90).
- ? CAVERNAS: Dec. nº 99.556 (01/10/90); Resol. CONAMA nº 005 (06/08/87); Port. IBAMA nº 887 (15/06/90).
- ? DESASTRES NATURAIS: Dec. s/nº (11/91); Port. Interna nº 4 (22/07/94); Port. MMA nº 18 (13/02/95).
- ? ANTÁRTIDA: Dec. nº 123 (20/05/91); Port. Minist. nº 60 (19/01/95).

- ? SANEAMENTO: Dec. nº 481 (26/03/92); Resol. CONAMA nº 005 (15/06/88).
- ? MAR: Dec. nº 1.203 (28/07/94); Port. Minist. nº 59 (19/01/95); Port. IBAMA nº 103-N (29/09/92).
- ? AR: Port. Min. nº 231 (27/04/76); Resol. CONAMA nº 005 (15/06/89); Resol. CONAMA nº 003 (28/06/90); Resol. CONAMA nº 008 (06/12/90).
- ? RESÍDUOS SÓLIDOS: Port. Min. nº 53 (01/03/79); Resol. CONAMA nº 006 (15/06/88); Resol. CONAMA nº 008 (19/09/91); Resol. CONAMA nº 19 (19/09/94); Resol. CONAMA nº 37 (30/12/94); Port. Normativa IBAMA nº 1.197 (16/06/90).
- ? SOM / RUÍDOS: Port. Min. nº 092 (19/06/80); Resol. CONAMA nº 002 (08/03/90); Resol. CONAMA nº 01 (11/02/93); Resol. CONAMA nº 02 (11/02/93).
- ? CONSERVAÇÃO: Port. MMA nº 216 (07/94).
- ? BIODIVERSIDADE: Port. Int. nº 3 (22/07/94); Port. IBAMA nº 332 (13/03/90); Port. IBAMA nº 16 (04/03/94); Port. IBAMA nº 36 (07/04/94).
- ? IMPACTO AMBIENTAL: Resol. CONAMA nº 001 (23/01/86); Resol. CONAMA nº 006 (24/01/86); Resol. CONAMA nº 11 (04/05/94); Port. Normativa IBAMA nº 01 (04/01/90).
- ? ENERGIA: Resol. CONAMA nº 006 (06/09/87).
- ? AUDIÊNCIA PÚBLICA: Resol. CONAMA nº 009 (03/12/87); Resol. CONAMA nº 001 (16/03/88).
- ? EDUCAÇÃO AMBIENTAL: Resol. CONAMA nº 003 (16/03/88).
- ? ESTÉTICA: Resol. CONAMA nº 001 (08/03/90).
- ? AGROTÓXICOS: Port. Normativa IBAMA nº 349 (14/03/90).

O Município de Ouro Preto possui a sua própria legislação que trata do parcelamento do solo. Nela pode ser observado que é ponto principal a conservação do Patrimônio Histórico, uma vez que o município foi tombado, o que torna a sua ocupação, assunto que deva ser tratado de forma cuidadosa.

4 – METODOLOGIA

Todos os problemas de decisão podem ser caracterizados como aqueles que tratam de múltiplos atributos, ou seja, a seleção de uma alternativa entre as várias apresentadas (MADM) ou aqueles que possuem múltiplos objetivos, ou seja, a seleção de uma ou mais alternativas com base nos objetivos apresentados (MODM), e ambos compõe, como mostra a Figura 4.1, a denominada Tomada de Decisão Multicriterial - MCDM (Sen & Yang, 1998).

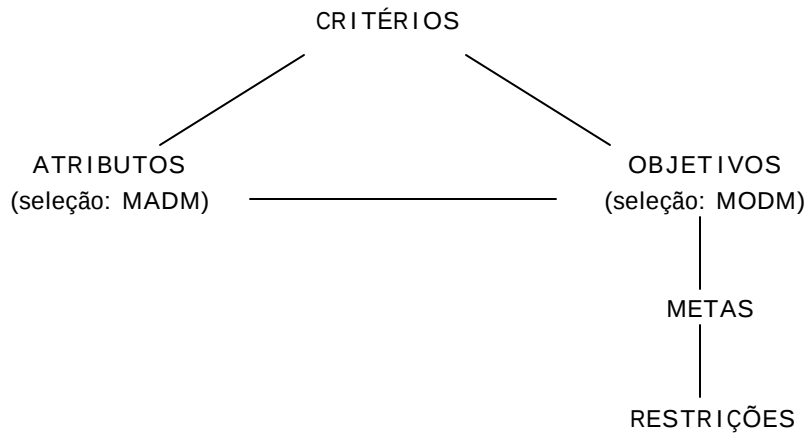


Figura 4. 1 – Representação da Tomada de Decisão Multicriterial (modificado de Sen & Yang, 1998).

A Tomada de Decisão baseada em Múltiplos Atributos (MADM) compreende um número finito de alternativas considerando a performance de um dado número de atributos, que podem ser baseados em dados qualitativos ou quantitativos (mas geralmente são utilizados ambos os tipos de dados nas análises).

Os métodos de análise dos valores dos atributos e sua importância relativa determinam a classificação destes tipos de problemas, ou seja, em um problema analisado através da metodologia da MADM, cada alternativa não é avaliada numericamente comparando-se com todos os atributos e sim relativamente avaliada pelas médias dos julgamentos subjetivos, ou seja, é considerada como na avaliação de um problema qualitativo.

Um exemplo de como os problemas qualitativos baseados em múltiplos atributos é analisado pode ser observado na Figura 4.2, onde cada par de alternativas ($a_i, a_l, i, l=1, \dots, n; i \neq l$) é comparado com todos os seus respectivos atributos ($y_j, j=1, \dots, k$). Se m_{il} representa a relativa importância de a_i sobre a_l , considerando o atributo y_j , uma matriz de comparação par-a-par para todas as n alternativas em termos do atributo y_j , pode ser composta, como na equação da Figura 4.2. Portanto, os problemas de Tomada de Decisão baseada em Múltiplos Atributos é representada pela matriz de comparação par-a-par de ordem k para um número k de atributos.

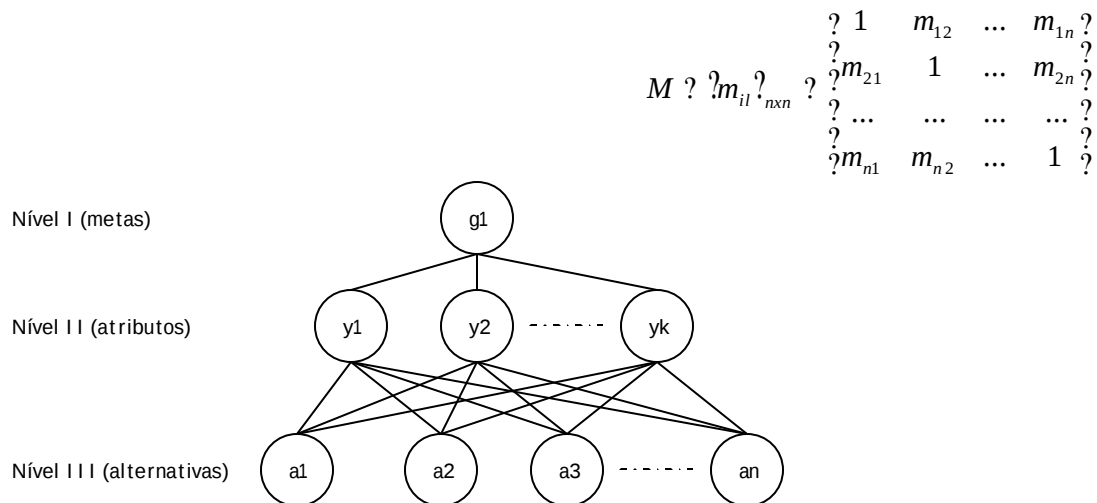


Figura 4. 2 – Equação para solução de problemas ordinários baseados em múltiplos atributos onde são apresentadas n alternativas ($a_i, i=1, \dots, n$) e k atributos ($y_j, j=1, \dots, k$).

Portanto, a proposta metodológica apresentada no presente trabalho trata dos procedimentos e métodos para auxiliar na Tomada de Decisão quanto a prevenção ou ocorrência de Movimentos de Massa Gravitacionais em regiões urbanizadas considerando tratamentos de dados baseados em múltiplos atributos.

4.1 – Considerações Gerais

A Tomada de Decisão (T. D.) refere-se ao ato de tomar uma decisão considerando a seleção de uma, entre um grupo de possíveis alternativas, baseando-se, para isso, em uma série de análises das informações disponíveis acerca de um determinado problema.

Portanto, a Tomada de Decisão considera, basicamente, as relações entre as informações obtidas, os modelos e recursos utilizados para análise de um determinado problema, apresentação das alternativas possíveis para sua solução, a seleção de uma entre as alternativas apresentadas e a efetiva implementação da alternativa selecionada (Figura 4.3).

O processo de Suporte a Decisão (S. D.) é baseado em um conjunto de informações organizadas e destinadas a auxiliar o decisor na solução de determinado problema. Este conjunto de informações é sistematizado de forma tal que o decisor possa optar por uma ou mais soluções, sem a necessidade de ter um conhecimento profundo sobre as causas e mecanismos dos problemas.

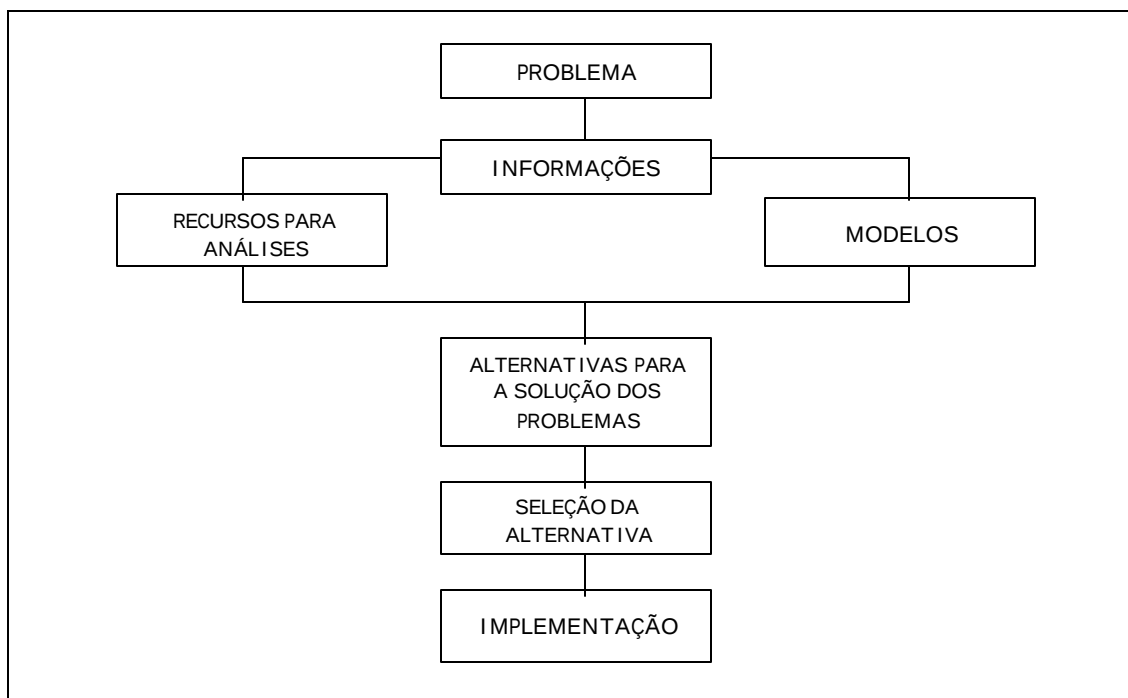


Figura 4. 3 – Fluxograma geral para a Tomada de Decisão.

Considerando estas premissas, existe uma variada gama de possibilidades em relação aos recursos para a análise das informações, no sentido de auxiliar a Tomada de Decisão, como os Sistemas de Suporte a Decisão, Sistemas de Suporte a Decisão Espacial, Sistemas de Suporte a Decisão para Planejamento Integrado, Consultores nos mais diversos níveis bem como alguns programas computacionais, a saber:

1. DSS (sistema de suporte a decisão): são sistemas computacionais de fácil entendimento, interativos (ou não), destinados a auxiliar na tomada de decisão, baseada no uso e manipulação de dados e construção de modelos matemáticos;
2. SDSS (sistema de suporte a decisão espacial): sistema computacional baseado em DSS cuja principal característica é a possibilidade do tratamento espacial das informações;
3. IPDSS (sistema de suporte a decisão para planejamento integrado): é uma ferramenta projetada como um DSS para auxiliar na análise dos perigos naturais e na avaliação da vulnerabilidade, com o objetivo de mitigar os riscos. Este sistema pode integrar informações como: topografia, litologia, uso do solo, cobertura vegetal, além de dados históricos sobre eventos de risco. Sua principal característica é a possibilidade de trabalhar com diversos programas integrados sem ter a necessidade de conhecê-los, uma vez que possui um programa de interface que apresenta uma interação amigável (fácil de entender

e manipular) com o usuário e possibilita o uso dos diferentes programas desde que estes se encontrem interligados;

4. Consultores Ad Hoc: são profissionais especialistas em determinado assunto que prestam consultoria, mas que não estão diretamente ligados ao órgão que coordena os trabalhos;
5. Equipes de avaliação: são equipes multidisciplinares de profissionais, geralmente estão ligados ao órgão que coordena os trabalhos, e que são acionadas quando da necessidade de avaliação de uma determinada situação;
6. Experiências anteriores: quando os estudos de uma determinada situação são executados tomando como base situações semelhantes ou casos históricos relacionados ao local;
7. "Checklist": análise baseada em um rol de questionamentos/verificações em forma de listagem previamente preparada para um determinado fim. O sistema consiste no preenchimento de espaços com respostas às questões apresentadas, podendo, ou não, haver valoração (determinação de pesos) conforme escala preestabelecida;
8. Uso de planilhas: análise baseada em "checklist" que combina recursos de informática (planilha eletrônica) no estudo da avaliação de uma determinada situação;

Segundo Halsapple & Whinston (1996) o ato da Tomada de Decisão pode ser individual ou envolver um grupo de pessoas. Quando é considerada a Tomada de Decisão individual, o decisor pode ser auxiliado por um programa computacional ou pode ser um indivíduo que possua as atribuições e competências para tal. Quando a Tomada de Decisão envolve um grupo de indivíduos, a decisão poderá ser unilateral ou envolver uma negociação (Figura 4.4).

Uma vez que a análise de problemas apresenta, geralmente, uma gama de modelos que podem representar a situação de diversas formas, a seleção do modelo mais adequado irá depender diretamente do conjunto de informações existentes e dos recursos disponíveis para análise dos problemas.

Por isso, a apresentação de diferentes alternativas para a Tomada de Decisão é fundamental, uma vez que estas permitirão que o administrador (decisor) selecione aquela mais adequada à solução dos problemas em questão.

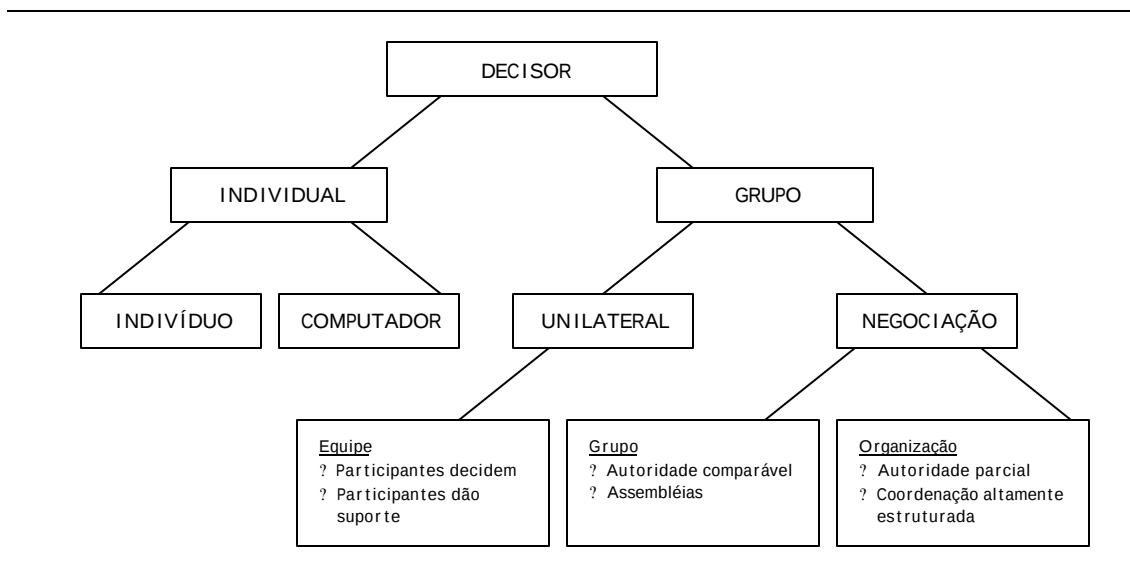


Figura 4. 4 – Tipos de decisores (Halsapple & Whinston, 1996).

Estas alternativas deverão ser obtidas através do tratamento das informações, com base no modelo selecionado. A seleção da alternativa mais adequada ou mais favorável deverá ser caracterizada pelos pesos obtidos através do tratamento das informações.

4.2 – Bases para o Desenvolvimento Voltado a Movimentos de Massa Gravitacionais

4.2.1 – Considerações Básicas

A adoção da sistemática do planejamento estratégico na análise dos procedimentos necessários à implantação de sistemas de suporte à decisão para os movimentos de massa gravitacionais, para uma região urbanizada deve considerar duas premissas:

1. conhecimento dos componentes antrópicos e seus problemas;
2. conhecimento dos componentes do entorno e de suas limitações;

Para tanto, é necessário identificar quais os componentes do meio ambiente estão diretamente relacionados aos eventos em questão, bem como suas variações espaciais e temporais, a fim de proceder a uma análise estatística adequada dos dados.

Não se pode esperar que sistemas baseados em informações possam produzir soluções com alto nível de certeza e previsão para problemas complexos de administração municipal. Os administradores, por isso mesmo, devem possuir uma variedade de alternativas para selecionar e julgar quais as variantes serão apropriadas.

Entretanto, os sistemas de informação devem incluir mecanismos apropriados de "raciocínio" para atender aos não-especialistas, apresentando orientações necessárias para o processo de decisão. Ele deve ser desenvolvido a partir de diferentes modelos de decisão, cada um constituído pelas relações e controles obtidos através das informações adquiridas.

Considerando a Tomada de Decisão como o ato de selecionar uma ou mais alternativas de uma lista de opções, a indicação da alternativa mais adequada é, geralmente, maximizada pelas consequências positivas e minimizada pelas negativas. Estas consequências estão diretamente relacionadas com a tomada de decisão ou seleção de uma entre as opções (a mais adequada), portanto, é comum tratar as consequências como um dos aspectos da tomada de decisão, mesmo porque, a tomada de decisão envolve escolhas no contexto de múltiplos critérios e os administradores (em qualquer área do conhecimento) estão acostumados à necessidade de selecionar a alternativa mais adequada, baseando-se na performance de tomadas de decisão anteriores.

Neste contexto, o sistema de suporte a decisão deve ser capaz de subsidiar o planejamento de ações corretivas, protetoras, recuperadoras e mitigadoras em função da avaliação da necessidade de intervenção; dos custos de intervenção; da avaliação de resultados anteriores; da eficiência no processo da tomada de decisão; da necessidade de constante atualização das informações e das alterações impostas ao ambiente, ao longo do tempo.

4.2.2 – Estratégia para proposição de procedimentos e métodos

Considerando o problema dos movimentos de massa gravitacionais, objeto de estudo deste trabalho, pode ser observado na Figura 4.5, o fluxograma de interação para a implementação da alternativa selecionada, no processo de tomada de decisão.

Considerando os diferentes tipos de processos relacionados aos movimentos de massa gravitacionais (queda, escorregamento, fluxo, etc.), o conjunto das informações necessárias a seu estudo poderá ser bastante vasto, quando se tratarem todos os processos, ou mesmo reduzido, quando a análise estiver focada em cima de um processo específico.

Existem variadas formas de tratamento das informações, e cada uma delas reflete em um tipo de modelo. Estes modelos podem ser determinísticos, probabilísticos, relativos, absolutos, dentre outros. A escolha de um modelo adequado irá depender de como a associação do grupo de informações e os tipos de processo abordados serão considerados.

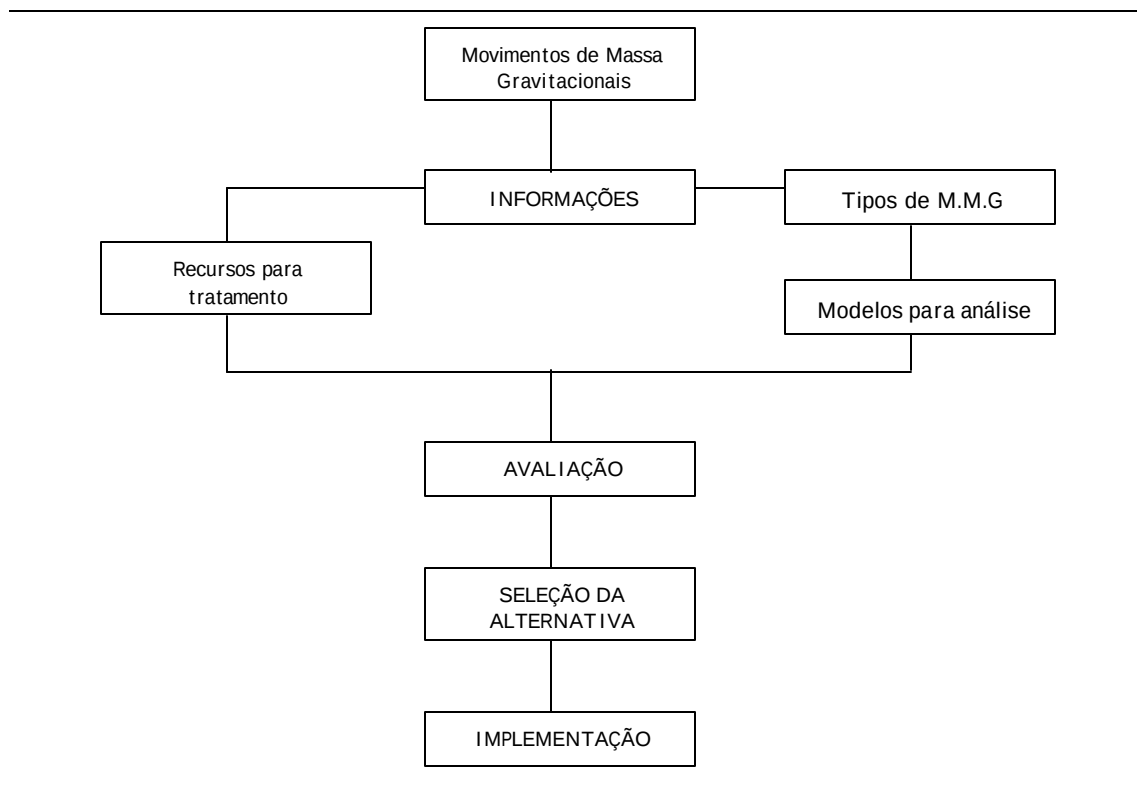


Figura 4. 5 – Fluxograma para a Tomada de Decisão considerando os problemas relacionados aos movimentos de massa gravitacionais.

Porém, quanto aos recursos para análise das informações, é possível classificá-los em dois grupos:

1. Recursos de alta tecnologia: são aqueles que, para apresentar uma solução, dependem de um ferramental tecnológico de última geração (hardwares e softwares). Dentre eles podem ser citados o DSS, IPDSS e o SDSS;
2. Recursos de alta variabilidade: são aqueles que podem apresentar soluções diversificadas para um mesmo tipo de problema, conforme a formação e experiência do analista. Esta variabilidade está ligada a possibilidade do problema ser analisado conforme o grau de conhecimento do analista.

Deve-se levar em conta, ainda, que a utilização de tais recursos demanda profissionais especializados no uso de softwares e hardwares bem como a consciência de que os resultados poderão ser tão variados que talvez não seja possível obter um resultado seguro (e único) quanto a alternativa mais apropriada para a tomada de decisão.

Portanto, como base para um processo de Tomada de Decisão, o conhecimento de um conjunto de alternativas que poderão ser utilizadas na solução dos diferentes níveis de intensidade dos problemas é ponto fundamental para a seleção daquela que se apresente mais adequada para uma determinada situação.

Para o caso específico de Movimentos de Massa Gravitacionais, diversos tipos de alternativas como Planejamento, Remanejamento, Instalação de Medidas Estruturais, Retirada Temporária, Retirada Definitiva e Monitoramento dos Eventos, são medidas de intervenção que devem ser consideradas. Portanto, serão apresentadas as características de cada uma destas medidas, o que elas representam e as diversas formas como os autores vêm considerando-as.

4.2.2.1 – Planejamento

Caracteriza-se por fazer parte do planejamento territorial municipal, na maioria das vezes, devendo estar contemplado no Plano Diretor ou nas diretrizes municipais. Este passo é anterior a qualquer forma de ocupação, pois é através do planejamento que serão definidos os tipos de uso do solo, considerando as características do meio físico. Caso o terreno encontre ocupado, esta opção para tomada de decisão deverá ser descartada, voltando a ser considerada, somente no caso de alteração do tipo de uso do solo no local;

4.2.2.2 – Remanejamento

Uma vez a área estando ocupada (opção válida para qualquer tipo de ocupação, seja ela por construções públicas ou privadas, ruas, áreas de lazer, agricultura, pecuária, ou outro tipo de uso do solo), deverá ser verificada a necessidade de alteração seja em termos de projeto e de usos, ou de tipos de ocupação, mudanças espaciais e/ou temporais.

4.2.2.3 – Instalação de medidas estruturais

Estando a área ocupada ou não e dependendo da extensão que evento perigoso possa atingir, considerando ainda a necessidade de se propor uma medida definitiva corretiva ou mitigadora, onde o fator custo não seja impeditivo, poderão ser propostas medidas estruturais como a construção de muro de arrimo, barragem, cortina atirantada, chumbamento, dentre outras;

Neste propósito, Novosad (1978) apresenta um programa genérico para investigações de movimentos de massa gravitacionais contendo seis grandes etapas, e tendo como objetivo final a implantação de medidas corretivas (Figura 4.5).

4.2.2.4 – Retirada temporária

Medida utilizada no caso de serem verificados problemas eminentes devido a situações esporádicas, onde não existe a possibilidade de instalação de outro tipo de medida, seja pela relação custo vs. benefício que apresenta índice incompatível com a tomada de medidas estruturais ou devido a densidade de ocupação não permitir a tomada de tais medidas (como no caso de favelas). Pode ser adotada, ainda, quando as condições naturais não

permitirem ou não existir tempo suficiente para adotar outra alternativa, o que não exige de um estudo posterior da área afim de que seja tomada uma decisão mais efetiva para a solução dos problemas de instabilidade.

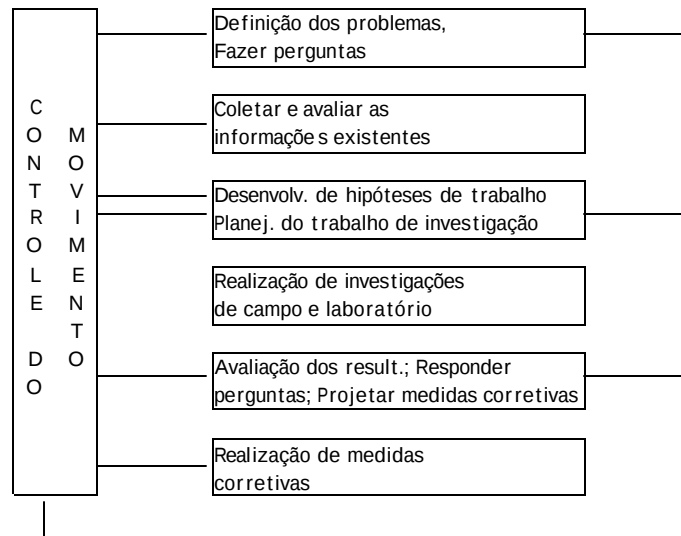


Figura 4. 6 – Programa genérico de atividades visando à correção de movimentos de massa gravitacionais (Novosad 1978).

4.2.2.5 – Retirada definitiva

Possui o mesmo caráter básico da retirada temporária, exceto no que se refere a alteração natural, uma vez que, neste caso, o risco pode se tornar definitivo, a área ser extensa o suficiente para impossibilitar outras medidas, o tipo de ocupação ser incompatível com as características do local, dentre outras. Neste caso é necessário verificar a possibilidade de combinação desta tomada de decisão com o remanejamento, a fim de impossibilitar nova ocupação no local;

4.2.2.6 – Monitoramento

A investigação e monitoramento dos movimentos de massa gravitacionais vêm sendo executados de maneira progressiva e constante, não por sua generalidade, mas, pelo fato de englobar empreendimentos e custos bem mais altos do que aqueles que demandam as decisões relativas a prevenções. O maior entrave à difusão e adoção deste método se refere a sua não reprodutividade, isto é, os dados, observações e correlações obtidos em um determinado local nem sempre podem ser extrapolados para outros.

O Sensoriamento Remoto, sendo uma das técnicas de obtenção destas informações, consiste na coleta de informações por meio de técnicas e instrumentos que não entram em contato direto com o objeto ou processo em questão e a distância entre o instrumento e o alvo da pesquisa pode variar de poucos milímetros (por exemplo, o uso da sonda de nêutrons para

a determinação da umidade do solo) a centenas de quilômetros (o uso de imagens de satélite para obtenção de informações relativas a presença e/ou ausência de vegetação).

Dentro deste contexto, os procedimentos menos onerosos para monitoramento de áreas sujeitas a movimentos de massa gravitacionais são aqueles que permitem a obtenção dos dados através do uso das técnicas relacionadas ao Sensoriamento Remoto (seja através de Levantamento Aerofotogramétrico ou Imageamento por Satélites).

Os procedimentos relacionados à obtenção de informações *in situ* (Trabalhos de Campo), são geralmente mais onerosos, mas são os que garantem maior precisão permitindo um acompanhamento mais detalhado dos processos como, por exemplo, o a obtenção de dados relativos ao volume de chuva em uma determinada época através da implantação de equipamentos de monitoramento das chuvas no local ou também o acompanhamento da movimentação de uma encosta através da instrumentação da mesma com inclinômetros ou através de trabalhos topográficos.

Portanto, a Tabela 4.1 apresenta um resumo dos procedimentos e características mais comuns das formas de obtenção de dados para monitoramento de áreas sujeitas a movimentos de massa gravitacionais, bem como para outros fins.

Tabela 4. 1 – Procedimentos usuais para o monitoramento de áreas sujeitas a eventos perigosos.

PROCEDIMENTO		CARACTERÍSTICAS
Sensoriamento Remoto	Aerofotogrametria	<i>Técnica mais utilizada no estudo dos movimentos de massa gravitacionais uma vez que possibilita uma visão tridimensional do terreno e a identificação das relações entre a topografia, drenagem, cobertura superficial, feições geológicas e atividades antrópicas (relações entre agentes condicionantes dos eventos). As limitações desta técnica estão diretamente relacionadas a acuidade (equipamento, escala, qualidade, técnica de análise e interpretação). Quanto aos movimentos de massa gravitacionais, os aspectos que interferem diretamente na interpretação são: cor (fotografias coloridas permitem a identificação de áreas com diferentes níveis de umidade e contatos litológicos/pedológicos), tipo de filme utilizado (o infravermelho possibilita o reconhecimento de zonas saturadas, surgências de lençol freático e cobertura vegetal), escala das fotografias (quando os eventos envolvem vários km² é possível a identificação em fotos de pequena escala como 1:25.000 mas para a maioria dos eventos é necessário que a fotografia aérea esteja na escala 1:10.000 ou menores) e principalmente, a experiência do profissional na interpretação de fotografias aéreas quanto a análise de feições características destes tipos de eventos.</i>
	Imagens de Satélite	<i>Considerando a escala de resolução da grande maioria das imagens de satélite, somente as grandes feições são identificáveis neste caso. O diferencial deste procedimento é a possibilidade de caracterização de áreas susceptíveis aos eventos através da análise de indícios indiretos (fisiografia, estruturas geológicas, dados de ocupação, distribuição da vegetação), bem como a análise da tonalidade. Outro diferencial reside na possibilidade de maior frequência na aquisição das imagens o que possibilita o acompanhamento de alterações sazonais (cobertura vegetal, umidade, desmatamento, queimadas, etc.) permitindo o acompanhamento (mais detalhado) de áreas susceptíveis a movimentos de massa gravitacionais e seu posterior detalhamento, quando for identificada tal necessidade.</i>
Trabalhos de Campo		<i>Consiste no levantamento de dados "in situ" das características, com obtenção de amostras de material para caracterização em laboratório e instrumentação do local como o uso de inclinômetros ou execução de levantamentos topográficos de precisão. É a técnica mais precisa de obtenção de dados mas, por sua vez, a mais onerosa. Encontra-se geralmente associada a outra técnica.</i>

Considerando o procedimento de levantamento de dados através de fotografias aéreas, a Tabela 4.2 apresenta um conjunto de características (feições típicas) que devem ser observadas quando do monitoramento de áreas sujeitas a movimentos de massa gravitacionais.

Tabela 4. 2 – Padrões diagnóstico para movimentos de massa gravitacionais e áreas susceptíveis a estes processos, obtidos através de fotointerpretação (Rib & Liang, 1978)

PADRÕES DIAGNÓSTICO EM FOTOS AÉREAS PARA MOVIMENTOS DE MASSA GRAVITACIONAIS
1- Massas terrosas sujeitas a solapamentos por drenagens. 2- Encostas íngremes com extensas áreas de solo solto e rocha. 3- Linhas de quebra nítidas nas escarpas, ou presença de trincas ou ambas. 4- Superfícies onduladas formadas por massas escorregadas da escarpa. 5- Formas topográficas não naturais, como as semelhantes à concha de uma colher. 6- Zonas de surgência. 7- Depressões alongadas e não drenadas na área. 8- Canais de drenagem pouco espaçados. 9- Acumulação de detritos nos canais de drenagem e vales. 10- Presença de tons claros onde a vegetação e a drenagem não foram restabelecidas. 11- Mudanças bruscas de tons claros para escuros na fotografia (os tons escuros indicam zonas mais úmidas). 12 - Mudanças bruscas na vegetação, indicativas de variação na umidade do terreno. 13- Árvores, cercas, muros inclinados, indicativos de rastejo.

A avaliação da área em termos de ocorrências passadas (atividade dos eventos) também é um fator de peso na análise da susceptibilidade, portanto, o inventário dos eventos, bem como a caracterização de sua atividade (ativo, dormente, inativo) é fundamental e possibilita o entendimento quanto a distribuição espacial e temporal da tipologia e causa dos movimentos de massa ocorridos, a fim de delimitar áreas mais ou menos vulneráveis.

4.2.2.7 – Área naturalmente estáveis

Assim como existem áreas naturalmente susceptíveis a movimentos de massa gravitacionais, existem outras que se caracterizam por não apresentar esta susceptibilidade naturalmente, o que poderá vir a ocorrer, conforme seu manejo (atividades antrópicas).

Os movimentos de massa gravitacionais são processos naturais que podem sofrer alterações de natureza antrópica, portanto, pode haver uma grande dificuldade na utilização do recursos apresentados (recursos de alta tecnologia e recursos de alta variabilidade), na análise das informações, portanto, a proposta metodológica abordada neste trabalho objetiva definir um grupo de procedimentos que permita a análise das informações de uma região, de forma segura e objetiva, a fim de possibilitar a determinação de qual, dentre as alternativas citadas anteriormente é a mais favorável frente a uma tomada de decisão.

A apresentação dos procedimentos será executada através de duas seqüências, onde:

1. Serão apresentados os procedimentos de forma geral, abordando a definição do ponto central de cada procedimento, a fim de possibilitar uma visão geral do sistema;
2. Serão apresentados os conhecimentos teóricos que nortearam cada passo da análise das informações.

Vale esclarecer que a seleção da alternativa mais adequada está inserida no contexto do planejamento territorial urbano, motivo pelo qual não serão abordados os itens como medidas específicas em termos construtivos ou de escolha do material adequado e sim os itens que tratam das informações relacionadas ao conjunto dos processos classificados como movimentos de massa gravitacionais, considerando o uso de um conjunto de informações preexistentes.

Portanto, para o desenvolvimento do trabalho, o conjunto dos procedimentos propostos têm como pressupostos:

1. aproveitamento de informações preexistentes;
2. existência de um "checklist" de informações que estão relacionadas aos movimentos de massa gravitacionais;
3. análise espacial executada com base em uma área mínima para a tomada de decisão;
4. uso de recursos computacionais básicos, não onerosos;
5. proposição de um conjunto de alternativas factíveis e passíveis de aplicação;
6. possibilidade de alteração do processo, com o tempo e o incremento das informações;
7. proposição de um conjunto de procedimentos que pode ser desenvolvido (aplicado) por profissionais competentes mas sem o conhecimento especializado em movimentos de massa gravitacionais;
8. possibilidade de aplicação dos princípios apresentados a outros tipos de processos como erosão, inundação, contaminação, dentre outros.

A avaliação do atual e potencial zoneamento de hazard para o estudo de movimentos de massa gravitacionais envolve o entendimento dos processos de estabilidade de taludes, a efetiva medição de todas as variáveis possíveis de controle desses processos, um entendimento das interações entre as diferentes propriedades físicas, a classificação e o mapeamento (ou aquisição) de cada um dos parâmetros/atributos.

Um dos passos preliminares para um sólido e efetivo planejamento do uso do solo consiste na definição de critérios para possíveis intervenções. Estes critérios podem ser válidos para um número extenso ou limitado de situações, incluindo-se aí, também, os casos extremos (interdição total da área).

Em um território completamente desenvolvido e urbanizado, o zoneamento de acordo com os diferentes fatores de risco irá ajudar a definir ações de mitigação. Entretanto, para uma área ainda intocada, ou não urbanizada, a avaliação do risco potencial será usada para propor o melhor uso do solo.

Em ambos os casos, a avaliação dos resultados deverá levar em consideração a estrutura comum às regras e prioridades da tomada de decisão.

A seleção de uma metodologia e da área teste são necessárias para o desenvolvimento e avaliação, o que não consiste em uma tarefa fácil, pois vários problemas surgem, quando o sistema é colocado em prática. Estes problemas estão relacionados, principalmente, ao tamanho da área a ser avaliada e escala de trabalho, selecionada.

Outro problema que surge, também, está relacionado a densidade de informações, uma vez que esta é inversamente proporcional ao tamanho da área a ser avaliada. Para áreas administrativamente grandes (isto é, em pequena e média escalas), a densidade de informações geralmente muito baixa e a localização espacial dos dados, usualmente imprecisa. De outra forma, admitindo-se a mesma área, o uso de uma escala grande permite melhor descrição e uma localização mais precisa das informações, mas, ao mesmo tempo, a variabilidade espacial dos parâmetros raramente é representada.

4.3 – Etapas e Procedimentos Propostos para o Estudo de Movimentos de Massa Gravitacionais

Considerando os pressupostos citados anteriormente, será descrito, a seguir, as características necessárias ao estudo detalhados de cada um dos parâmetros utilizados na análise e caracterização dos escorregamentos, tais como área mínima, escala, tipo, conjunto estágio e adequabilidade das informações, dentre outros.

4.3.1 – Área mínima para a Tomada de Decisão

Existem três tipos de área mínima que mais se adequam aos estudos de problemas relacionados à movimentos de massa gravitacionais, quais são: grid regular, encosta e bacia

1. Grid regular: trata da seleção de uma área. Regular (geralmente quadrada) com dimensões que variam de acordo com o objetivo, escala, dimensões da área de estudo, dentre outros (Figura 4.6). O critério para definir a cela é, está diretamente

relacionado a extensão da área a ser estudada, a escala selecionada para estudo e apresentação dos resultados e ao tipo de problema envolvido.

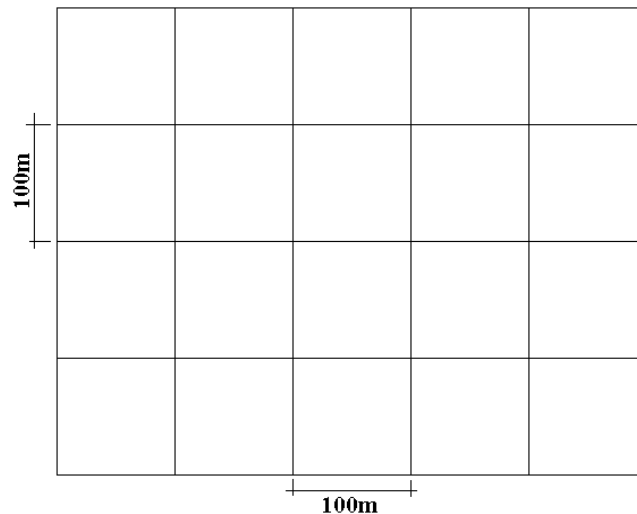


Figura 4. 7 – Exemplo de grid regular.

Uma das vantagens relacionadas a seleção deste tipo de área mínima é a possibilidade de trabalhar com pequenas extensões (ou extensões definidas) o que permite uma Tomada de Decisão adequada à realidade do local, sem a preocupação de estar superestimando ou subestimando a extensão a ser contemplada.

Apesar disto, uma vez que os fenômenos ou características naturais dos terrenos não estão condicionadas a este tipo de padrão, alguns dos parâmetros selecionados para a caracterização dos eventos poderão apresentar incompatibilidade (ou problemas quanto a análise/definição de sua influência) com este tipo de área mínima como por exemplo, na análise do comprimento da encosta, a amplitude de relevo, dentre outras, o deverá ser levado em consideração quando da análise dos dados.

2. Encosta: é caracterizada por meio da subdivisão de uma bacia em áreas menores (Figura 4.7), considerando somente um lado de um vale. As dimensões de uma encosta podem variar de métricas a dezenas de metros (conforme a escala ou a ordem dos canais selecionada para representação da bacia em que a encosta está inserida), por isso, é de fundamental importância considerar a hierarquia da bacia segundo uma das classificações existentes (Horton, Sthraler, etc.).

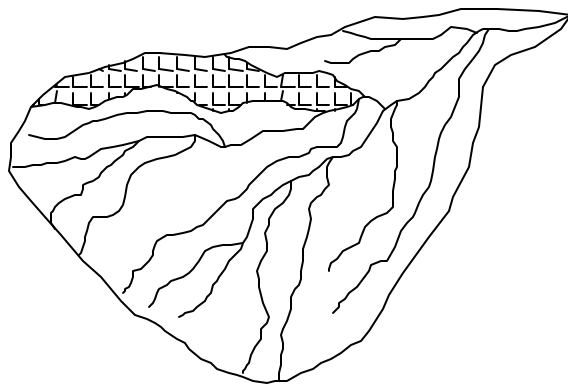


Figura 4. 8 – Exemplo de encostas

Considerando que a encosta é uma característica natural do relevo, pode-se perceber que uma das vantagens de se optar por este tipo de área mínima é que algumas das outras características naturais também são controladas por esta geometria. Deve-se considerar, entretanto, que ocorrerão dificuldades quando da necessidade de definição da área a ser contemplada por uma determinada T. D., uma vez que, por ser natural, as dimensões das encostas são variadas e não controlam (limitam) a ocorrência dos eventos. O que poderá ocorrer nestes casos, por exemplo, é a tomada de decisão para uma área bem mais extensa do que aquela sujeita ao evento eminente, elevando o custo, por conseguinte.

3. Bacia hidrográfica é a unidade hidrológica principal de uma região delimitada pelos divisores de água (Figura 4.8) que definem a área de drenagem de um sistema pluvial (Riguetto, 1998).

A seleção deste tipo de área mínima está mais ligada a estudos referentes a problemas de inundação do que àqueles ligados a movimentos de massa gravitacionais. O princípio em que se baseia a seleção deste tipo de área é similar àquele utilizado para a seleção da área mínima do tipo encosta, contudo, não se pode deixar de perceber que a área de uma bacia hidrográfica é, geralmente, superior à de uma encosta (uma vez que esta é formada por um conjunto de encostas, o que está diretamente ligado à ordem dos canais de drenagem que a definem).

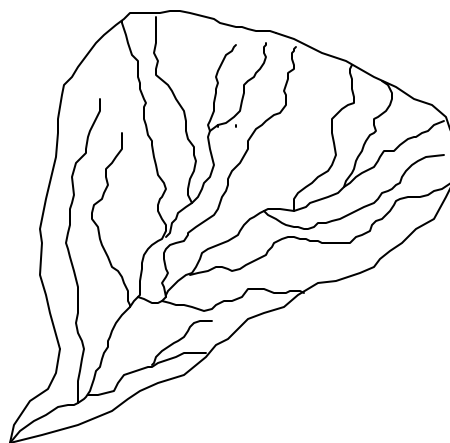


Figura 4. 9 – Exemplo de bacia hidrográfica.

Historicamente, há diversidade entre os autores e alguns deles vêm optando por trabalhar com área mínima do tipo grid (Chung *et. al.*, 1995; Mark & Elen *et. al.*, 1995; Kukuric, 1999; Baeza & Corominas, 2001; Dai *et. al.*, 2001), enquanto que outros (Carrara *et. al.*, 1991; Terlien *et. al.*, 1995) optam pelo estudo em termos de bacias ou taludes para a análise dos mais variados tipos de problemas.

A justificativa principal para o uso do grid como área mínima é o uso de SIG's para auxiliar na análise espacial. Uma vez que estes tipos de programa individualizam a área em pixels, onde a precisão está diretamente ligada ao tamanho de 1 pixel (quanto menor seu tamanho, maior a precisão). Grande parte dos autores vêm lançando mão desta vantagem e incorporando maior precisão em suas análises.

Deve-se atentar, portanto, para o fato de que as dimensões do grid devem ser compatíveis com o objetivo do trabalho, bem como o tamanho da área a ser analisada. Por exemplo, ao considerar um trabalho de caracterização geológica regional em escalas 1:50.000 ou 1:25.000 de uma área com extensão aproximada de 60 km², a seleção de um grid que apresenta entre 250 e 100m de lado é considerada como adequada pois apresenta compatibilidade entre precisão e escala. Portanto, a seleção das dimensões do grid deve levar em consideração, principalmente, a escala de trabalho, o tamanho da área e o objetivo do estudo.

Ao serem considerados, por exemplo, problemas específicos que podem ocorrer em uma rede de energia elétrica, a seleção de uma área mínima do tipo grid é a mais apropriada, considerando que os agentes condicionantes para ocorrência de problemas não estão vinculados a uma bacia ou um talude, como pode ocorrer no caso de inundações, quando a área mínima do tipo bacia vincula a análise do evento à geometria da área mínima.

Podem ocorrer situações em que qualquer uma das opções de área mínima seja adequada, como no caso de análise de problemas relacionados a erosões. Neste caso, a seleção da área mínima mais adequada fica condicionada muito mais às demais características da análise.

Portanto, a área mínima a ser considerada para uma tomada de decisão deverá ser aquela que represente, adequadamente, um determinado problema.

4.3.2 – Escalas

A seleção da escala deve ser baseada, em princípio, no tipo de problema que será estudado, levando em consideração o tipo de área mínima selecionada, bem como os dados disponíveis.

Fisher (1994) e Antenucci *et. al.* (1991) afirmam que a escala selecionada determina a menor área que pode ser desenhada e reconhecida em um mapa, bem como o que será representado ou não em um mapa temático, uma vez que a representação de uma determinada área deve ser tal que seja possível identificar suas características, ou seja, não deve ser menor do que 1,0m de lado quando considerada a escala 1:100.

Na Tabela 4.3, Soeters & Van Westen (1996) apresentam uma sugestão baseada em um trabalho apresentado por IAEG (1976), onde a faixa de valores da escala é caracterizada pela área e objetivos a serem representados. O zoneamento de hazard para áreas caracterizadas como “nacional”, é executado através de um inventário geral dos problemas da área para o País inteiro e pode ser usado para políticas públicas nacionais.

Tabela 4. 3 – Escalas utilizadas no zoneamento de hazard para o estudo de escorregamentos (Soeters & Van Westen, 1996 - modificado)

CARACTERIZAÇÃO	ESCALAS	ÁREAS MÍNIMA (Resolução)
Nacional	1:1.000.000	250.000m ²
Regional	1:100.000 a 1:500.000	2500 a 62500 m ²
Média	1:25.000 a 1:50.000	156,25 a 625m ²
Grande	1:5.000 a 1:15.000	6,25 a 56,25m ²
Local	1:5.000 e maiores	

Mapeamentos em escala “regional” devem ser utilizados para áreas maiores que 1.000 km² (o que representa 32km lineares) e servem para o planejamento regional de áreas urbanas ou rurais.

A escala caracterizada como “média” pode ser usada em áreas com extensão de poucas centenas de quilômetros quadrados, que possuam construção de grandes estruturas de engenharia como estradas e urbanização e necessitam de um maior nível de detalhamento e a

área caracterizada como “grande” pode ser usada para áreas de investigação com algumas dezenas de quilômetros quadrados.

Incluiu-se a escala denominada "local", considerando a necessidade de detalhamento das áreas caracterizadas como "grande", quando da execução do planejamento urbano ou mesmo acompanhamento da ocorrência de eventos para subsidiar a tomada de decisão.

Alguns autores como Baeza & Corominas (2001), Dai *et. al.* (2001) e Carrara *et. al.* (1991), vêm adotando a escala local (grande ou média) para a análise de problemas locais e regionais, considerando dados com escalas variando entre 1:10.000 e 1:50.000.

Segundo Goodchild (1993), assim como todas as medidas, os dados espaciais possuem níveis de precisão que são limitados pelo mecanismo de medida utilizado.

Em termos cartográficos, existe uma grande dificuldade de representar linhas mais finas do que 0,2mm ou impedir a contração/dilatação do papel em presença de umidade ou calor (problemas que tendem a desaparecer no meio digital).

4.3.3 – Estágio atual das informações

De acordo com Fisher (1994), um mapa é a representação bidimensional das informações espaciais, no momento em que elas foram obtidas. Algumas informações como por exemplo o uso do solo, estão sujeitas a alterações diárias e, portanto, necessitam de revisões com maior frequência do que informações como litologia ou vegetação, quando esta última não está associada a agricultura.

Durante a fase de inventário das informações existentes, deve-se estar atento aos seguintes itens, no sentido de avaliar o atual estágio das informações:

1. Qual a fonte dos dados;
2. Quais os componentes do meio ambiente, representados;
3. Qual a validade amostral (a frequência está de acordo com a escala?);
4. Qual a necessidade de obter novos dados;
5. Que técnicas e métodos foram utilizados;
6. Como foram classificados;

Portanto, apesar da existência de informações coerentes, atualizadas e confiáveis, será sempre necessária a etapa de campo para verificação/levantamento de alguns dados considerados de importância para as análises.

4.3.4 – Tipo e conjunto de informações

Este item refere-se aos tipos e características das informações fundamentais para o estudo do vetor em questão, merecendo destaque as formas de obtenção, a qualidade e o argumento.

Zuquette (1981) caracteriza as informações obtidas em campo ou em laboratório da seguinte forma:

1. Qualitativas: são as descrições baseadas em observações de campo e medidas simples, previstas para fases iniciais de mapeamento, as interpretações de fotografias aéreas e as análises de mapas de pequeno escala;
2. Quantitativas: incluem as características físicas (peso específico, porosidade, grau de saturação, plasticidade), propriedades de resistência (cisalhamento, compressão, tração), propriedades de deformação (módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson), a permeabilidade e a durabilidade.

Portanto, propriedades qualitativas são representadas por descrições e as quantitativas por valores.

As informações podem ser caracterizadas, também, quanto a forma de obtenção, ou seja:

1. Diretas: obtidas através da descrição direta ou como resultado direto de um ensaio (descrição do tipo de rocha, coeficiente de permeabilidade através do ensaio de permeabilidade);
2. Indiretas: obtidas sem o contato direto, através de manipulação de equações ou via propriedades índice;

Kolosk *et. al.* (1989) apresentam a seguinte classificação:

1. Descritivas: são obtidas diretamente de ensaios em amostras coletadas em campo;
2. Interpretativas: são obtidas pela manipulação matemática das primeiras.

Observa-se que apesar de os autores apresentarem terminologias diferentes, os conceitos utilizados para a classificação possuem significados similares.

4.3.4.1 – Descrição dos atributos

Zuquette (1998) apresenta em seus estudos, uma listagem de atributos que estão diretamente relacionados aos movimentos de massa gravitacionais e que devem ser considerados, respeitando a escala, as características da região e a finalidade do trabalho. Dentro deste conjunto descrito por Zuquette (1998) e obtido por Bonuccelli (1999), Souza (1996) e Zenóbio (2000), foram selecionados diversos atributos que serão utilizados nas análises dos movimentos de massa gravitacionais no presente trabalho e que serão descritos a seguir.

Componente Geomórfico

Declividade

O atributo declividade considerado para avaliação da maior ou menor possibilidade de ocorrência de movimentos de massa gravitacionais, deve sempre estar associado aos outros atributos existentes na área.

Sidle *et al.* (1985) apresentam uma associação de classes de declividades relacionadas a alguns tipos de movimentos de massa gravitacionais (Tabela 4.4).

Tabela 4. 4 – Classes de declividade relacionadas aos diferentes tipos de movimentos gravitacionais de massa (Sidle *et al.*,1985 – modificado).

Tipos de Movimento de Massa Gravitacional	Classes de declividade	
rastejo em solo	1,3 a 25 graus	2,8 a 55,5 %
escoamentos rápidos em solos	4 a 20 graus	8,8 a 44,4 %
escorregamentos rotacionais	7 a 18 graus	15,5 a 40 %
escoamentos rápidos em solos e detritos sobrejacentes a rocha	maior que 25 graus	maior que 55,5 %

Rumo do maior valor de declividade da encosta

A direção e sentido (ou rumo) do vetor maior declividade da encosta é um atributo de importância fundamental quando se necessita analisar a associação entre ocorrência de movimentos de massa gravitacionais em encostas que apresentam algum tipo de descontinuidade: xistosidades, acamamentos, falhas, fraturas, preenchimentos, transições abruptas entre os materiais, presença de camada de material com características muito diferentes dos demais, e para verificar a trajetória de maior energia das massas deslocadas durante o movimento de massa gravitacional.

Forma das encostas

Bonuccelli (1999) apresenta um estudo baseado na elaboração uma matriz com variações na forma vertical e forma longitudinal da forma das encostas afim de avaliar, para cada encosta em estudo, quais seriam as situações mais ou menos favoráveis a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais e erosões (Tabela 4.5), além de analisar a influência da forma longitudinal, composição entre as formas, tanto em perfil quanto longitudinal.

A concavidade e/ou convexidade das encostas é um fator variável que está relacionado ao raio de curvatura (quando retilínea, o raio tende ao infinito) e sua variação pode influenciar mais ou menos a ocorrência dos movimentos de massa gravitacionais.

Este fator não deve ser analisado somente de forma individual, e sim em conjunto com características como contribuição quanto ao escoamento superficial da vizinhança, amplitude de relevo, posição do talude na encosta bem como a declividade.

Tabela 4. 5 – Características do perfil das encostas relacionadas a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais (Bonuccelli, 1999 – modificado).

Perfil da Encosta	Características do Evento
encostas côncavas	são geralmente mais evoluídas em termos geomorfológicos e estariam menos sujeitas a ocorrência desses processos
encostas convexas	menos evoluídas e portanto mais sujeitas a ocorrência dos processos
encostas retilíneas	estariam na situação intermediária entre os dois casos anteriores
encostas convexo-côncavas	nessa ordem do topo para a base, seriam mais propensas
encostas convexo-retilíneas	do topo para base, também seriam mais propensas

Presença de escarpas

Segundo Bonuccelli (1999), a presença de escarpas em uma encosta, pode significar: indício de movimentos recentes ou possibilidade de reativação, principalmente quando solicitadas por ações antrópicas. A declividade acima da qual pode-se considerar a área do terreno como sendo uma escarpa é aquela que apresenta valores entre de 40 e 65°, mas esta definição é controversa

Os fatores que devem, geralmente, ser avaliados são: posição da escarpa na encosta (localmente), número de encostas em uma determinada área, sua altura e comprimento. Entende-se que o número de encostas e suas dimensões estão diretamente ligadas à maior possibilidade de ocorrência de movimentos de massa gravitacionais.

Características dos vales

Considera-se como vale, a porção relativa ao terço inferior das duas encostas que o constituem e sua caracterização se dá pela forma, profundidade e localização, que irão influenciar na ocorrência dos movimentos de massa gravitacionais (bem como erosões e assoreamentos), uma vez que quanto mais profundos (vales em "v" ou em "u") e encaixados (vales em "v") maior a facilidade de ocorrerem rupturas em suas margens ou encostas.

Componente Água

Um dos fatores que mais contribui para a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais (bem como erosões e inundações) é a água. Segundo Rib & Liang (1978), algumas das situações relativas aos movimentos de massa gravitacionais podem parecer que não estão ligadas ao evento devido a distância da cicatriz à fonte de água, o que pode ser

constatado (relação entre a presença d'água e a ocorrência do evento) através de fotointerpretação:

- ? freqüente alinhamento entre as cicatrizes dos movimentos de massa gravitacionais e os canais de drenagem nas porções mais altas do terreno, a montante da cicatriz, o mesmo ocorrendo para locais com reservatórios, canais de irrigação, canais superficiais desviados, depressões do terreno que formam tanques;
- ? muitos aterros de estradas são rompidos porque bloqueiam a drenagem natural;
- ? solapamento da base de taludes pelo fluxo de água ou ondas.

Densidade de canais de drenagem

O valor elevado do número de canais de drenagem está diretamente ligado a presença de materiais erodíveis, grande número de discontinuidades, presença de camadas mais facilmente erodíveis acima de camadas impermeáveis e relevo mais evoluído. A associação entre declividades elevadas e elevado número de canais de drenagem elevado pode estar relacionada a zonas que apresentam maior predisponência a movimentos de massa gravitacionais.

Variações nos gradientes dos canais de drenagem

A variação dos valores da declividade dos canais de drenagem pode resultar em um acúmulo de materiais que poderão sofrer movimentações futuras.

Zonas de concentração de fluxo superficial

A análise deste atributo também está relacionada a concentração do fluxo superficial que por sua vez pode causar o acúmulo de material em determinados locais, que pode vir a sofrer movimentação posterior. Neste caso devem ser avaliadas as dimensões e a localização da zona de concentração de fluxo dos canais.

Presença de lagoas nos canais de drenagem ou presença de depressões do terreno

A presença de lagoas nos canais de drenagem ou a presença de depressões do terreno que permitam acúmulo de água superficial (pequenos tanques ou reservatórios) podem estar ligadas a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais e erosões. Nesses casos o acúmulo de águas superficiais pode gerar infiltração e fluxo subterrâneo nos arredores, aumentando assim o grau de saturação dos materiais situados à jusante.

Alterações nos canais de drenagem naturais

A ação antrópica pode provocar modificações do fluxo de água nos canais de drenagem naturais devido a: desvios; alterações na geometria dos canais; ocupações que promovem o bloqueamento (interrupção) dos canais, tais como aterros, edificações; ocupações que promovem o acúmulo artificial de águas superficiais (através de desvios de canais de drenagem naturais), concentração de águas pluviais e esgotos, cavas de minas e outras escavações que produzem depressões no terreno (reservatórios).

Presença de surgências(fontes, nascentes)

É importante observar além da presença de surgências nas encostas, outros parâmetros a elas relacionados:

- a- localização;
- b- alinhamento de surgências: pode auxiliar na avaliação do nível de água subterrâneo;
- c- diferentes níveis de surgência em uma mesma encosta: pode significar que o fluxo subterrâneo é diferente em cada parte da encosta; pode estar relacionada a presença de camada impermeável;
- d- sazonalidade: se temporárias ou permanentes;
- e- idade das surgências: se apareceram recentemente ou se já são observadas há muito tempo no local;
- f- se estão associadas a “piping” ou a ocorrência de movimentos de massa.

Características da zona saturada

Relativamente ao nível d'água subterrâneo, os seguintes parâmetros devem ser avaliados: posicionamento ou profundidade; variações bruscas do nível de água, devido a sazonalidade

Fluxo do nível de água direcionado

A presença de camadas mais permeáveis ou muito fraturadas podem condicionar o escoamento subterrâneo, e assim favorecer o rompimento em determinadas posições.

Presença de zonas mais favoráveis a variações de poro-pressão

Zonas mais favoráveis a variações de poro-pressão estão mais susceptíveis a diminuição da resistência ao cisalhamento por excesso de pressão neutra. São encontradas em locais que favoreçam o acúmulo de águas.

Presença de zonas com nível de água suspenso

A presença de zonas com nível d'água suspenso, está geralmente associada a presença de camadas impermeáveis, e essa situação pode levar a uma maior susceptibilidade de ocorrência de movimentos de massa gravitacionais e erosões dessas zonas saturadas.

Alterações no fluxo de água subsuperficial

A ação antrópica pode provocar alterações no fluxo de água subterrâneo: canais de irrigação (áreas irrigadas), ocupação com fossas; concentração de águas pluviais e esgotos, depressões no terreno devido a escavações; rebaixamento do lençol freático devido a poços; interrupção do fluxo devido a escavações, e outros.

Relações do nível d'água (NA) com depósitos de materiais retrabalhados

Se o nível de água está abaixo do depósito de materiais retrabalhados, e durante as chuvas, ocorre uma elevação do nível d'água, atingindo a camada retrabalhada, pode ocorrer ruptura no contato entre o material residual e o retrabalhado

Componente Substrato Rochoso

Litologia

É de fundamental importância conhecer o tipo litológico, seu grau de alteração e sua resistência mecânica. Quanto ao grau de alteração pode-se dizer que de modo geral, quanto mais alterado o material, maior a potencialidade de ocorrência movimentos de massa gravitacionais. Existem várias propostas para avaliação desse parâmetro em campo, sendo as principais aquelas sugeridas pela ISRM (1983), e por Williamson & Kuhn (1988), conhecida como classificação URCS (Unified Classification Rock System) e são apresentadas nas Tabelas 4.6, 4.7 e 4.8 .

Quanto a resistência da rocha, esse atributo está diretamente relacionado com o tipo litológico e com o grau de alteração. A sua avaliação em trabalhos de campo pode ser executada também de acordo com as sugestões da ISRM (1983), de Williamson & Kuhn (1988), ou em laboratório, através de ensaio de cisalhamento direto em rochas brandas, dos ensaios de compressão simples ou do índice de resistência a compressão pontual.

Presença de áreas com rocha aflorante

A presença de rocha aflorante em uma encosta, pode explicar a origem de blocos de rocha rolados encosta abaixo. Pode gerar quedas e rolamento de blocos, tombamentos, deslizamentos em cunha ou planar, dependendo do sistema de descontinuidades presente.

Tabela 4. 6 – Grau de alteração e resistência da rocha propostos pela ISRM (1983) e URCS

ISRM TERMO	ISRM GRAU	DESCRIÇÃO	CORRESPONDÊNCIA COM URCS
fresca ou sã	I ou A1	não há sinais visíveis de material rochoso alterado; é possível descoloração nas descontinuidades	rocha sã, tipo A ou B
levemente alterada	II ou A2	descoloração do material rochoso e das descontinuidades; mais fraco que material original	rocha alterada tipo C
moderadamente alterada	III ou A3	menos da metade do material rochoso está decomposto e/ou desintegrado em solo; rocha fresca ou descolorida presentes em estrutura contínua	rocha alterada tipo C
intensamente alterada	IV ou A4	mais da metade material rochoso está decomposto e/ou desintegrado em solo; rocha fresca ou descolorida presente em porções descontínuas	rocha decomposta tipo D
completamente alterada	V ou A5	todo material rochoso está decomposto e/ou desintegrado em solo; estrutura original do maciço intacta	rocha completa/e decomposta tipo E
solo residual	VI ou A6	todo material rochoso foi convertido em solo; estrutura original destruída; mudança no volume; solo não foi significativamente transportado	solo

Tabela 4. 7 – Grau de Resistência das rochas de acordo com ISRM (1983) e URCS

CLASSE ISRM 1983	OBSERVAÇÕES EM CAMPO	RESIST.COMP. UNIAXIAL (MPa)	CLASSE CORRESP.URCS
Rocha muito fraca	Pode ser facilmente marcada pela unha; esmigalha quando sofre impacto da ponta do martelo de geólogo; pode ser raspada pelo canivete	< 5,0	Moldable Quality (MQ)/E
Rocha fraca	pode ser raspada por canivete com dificuldade; pode ser marcada por firme pancada com a ponta do martelo de geólogo	5,0 - 25	Crater Quality (CQ)/D
Rocha medianamente resistente	não pode ser raspada por canivete; podem ser fraturadas com um único golpe do martelo de geólogo.	25 - 50	Dent Quality (DQ)/C
Rocha Resistente	Amostras requerem mais de um golpe de martelo para fraturar-se	50 - 100	Pit Quality (PQ)/B
Rocha Muito Resistente	Amostras requerem muitos golpes de martelo de geólogo para fraturar-se; amostras podem ser somente lascadas pelo martelo	>250	Rebound Quality (RQ)/A

Tabela 4. 8 – Grau de Resistência das rochas de acordo com classificação URCS, WILLIAMSON e KUHN (1988)

CLASSE URCS	OBSERVAÇÕES EM CAMPO	RESIST. COMP. UNIAxIAL (MPa)
Moldable Quality (MQ)/E	Pode ser moldado com as mãos, mas retém a estrutura da rocha matriz; pode ser classificado como solo também, em projetos; não há recuperação desse material em sondagens rotativas; escavação por máquinas	< 7,0 (friable)
Crater Quality (CQ)/D	Ao redor do ponto de impacto ocorre um cisalhamento e um levantamento dos grãos minerais, formando uma depressão semelhante a crateras lunares; alta absorção, pode ser recuperado em sondagens rotativas; baixa energia de transferência, pode ser escavado com máquinas.	7 a 21 (shears)
Dent Quality (DQ)/C	Depressão na superfície; depressão superficial no ponto de impacto indicando a presença de espaço vazio entre os grãos minerais; resistência semelhante ao concreto; geralmente não passa no teste de adsorção para agregados; baixa energia na resposta à detonação	21 a 55 (compressão)
Pit Quality (PQ)/B	Cava rasa e rugosa no ponto impacto, devido a saída explosiva de grãos minerais; considerado rocha dura na indústria da construção; bom para uso como agregados de estradas; boa fragmentação para material de construção, taludes; energia na detonação é alta, mas não precisa de projetos especiais de detonação	55 a 103 (tensional)
Rebound Quality (RQ)/A	Nenhuma reação no ponto de impacto do martelo; alta energia de transferência em resposta à detonação; difícil de quebrar na ausência de descontinuidades; produz material bom para rodovias, agregados de aterros; devido a sua dureza produz na britagem materiais angulares	> 103 (elastic)

Caracterização das descontinuidades presentes

O levantamento das características das descontinuidades deve ser baseado nas sugestões da ISRM (1983), de modo que ao final, seja possível se ter uma idéia do comportamento geomecânico da encosta. Para isso, após o levantamento dos parâmetros descritos a seguir, deve-se utilizar classificações geomecânicas e análise cinemática da relação entre descontinuidades e encosta para avaliação do comportamento do maciço da encosta.

- a- tipo de descontinuidade: xistosidade, acamamento, fratura, junta, fraturas de tração ou outras descontinuidades provocadas por alívio de tensões
- b- orientação das famílias de descontinuidades
- c- espaçamento entre as famílias de descontinuidades
- d- abertura das descontinuidades
- e- persistência das descontinuidades
- f- preenchimento: espessura e tipo de material
- g- rugosidade: verificar macro e micro escala
- h- contador volumétrico de juntas ou índice volumétrico de descontinuidades, Jv
- i- conectividade das descontinuidades

Presença de zonas de falhas ou áreas intensamente fraturadas

A presença de zonas intensamente fraturadas pode significar maior susceptibilidade da área a movimentos de massa gravitacionais, devido aos baixos valores de resistência e a facilidade para infiltração das águas.

Seqüência vertical ou perfil de litologias e perfil de alteração

Nesse caso é importante verificar os seguintes parâmetros:

- a- continuidade lateral (área) e vertical: áreas que apresentam descontinuidades podem ser mais susceptíveis a movimentações entre as camadas;
- b- caracterização de cada camada
- c- espessura de cada camada
- d- tipo de contato entre as diferentes camadas: atenção especial para solos sobre rochas com contato abrupto: podem ocorrer escorregamentos em áreas que apresentam este tipo de contato uma vez que a superfície da rocha pode atuar como um meio impermeável e criar um local de acúmulo de água, o que pode vir a diminuir o atrito e facilitar a movimentação da camada superior.

Alternância de materiais com diferentes níveis de resistência mecânica

É necessário verificar a seqüência e dimensões de cada camada. Pode gerar quedas, escorregamentos e tombamentos do material mais resistente, devido a erosão do material menos resistente.

Alternância de materiais com diferentes níveis de permeabilidade

Verificar a seqüência e dimensões de cada camada. A presença de níveis impermeáveis pode promover concentração de fluxo de água nas camadas mais permeáveis, instabilizando-as através da diminuição do atrito entre elas e possibilitando a ocorrência de escorregamentos, conforme a inclinação apresentada.

Alternância de materiais com diferentes níveis de competência

A competência está relacionada à deformabilidade do material; diferentes comportamentos se apresentam por exemplo quando se intercalam rochas rúpteis e dúcteis. Esta alternância poderá possibilitar a ocorrência de escorregamentos

Presença de camadas litológicas que tenham comportamento de descontinuidades

Nesse caso, a camada que tem comportamento de descontinuidade, deve ser avaliada como tal. Isso pode ocorrer, por exemplo, para camadas com espessuras e mineralogias diferentes.

Presença de materiais expansivos

Verificar se os materiais expansivos estão intercalados com litologias não expansivas, ou se estão preenchendo descontinuidades. A intercalação de litologias expansivas entre litologias não expansivas pode gerar planos de "fragilidade", onde ocorrerá o rompimento.

Grau de paralelismo entre o topo rochoso e a superfície do terreno

A intercessão do topo rochoso com a superfície do terreno pode ser um ponto de geração de piping e acumulação de água.

Componentes Materiais Inconsolidados

Todos os atributos de uma encosta constituída de materiais inconsolidados que influenciam na sua resistência ao cisalhamento, influenciam também na possibilidade de ocorrência de movimentos de massa gravitacionais. Assim sendo, pode-se dizer que quanto menor a resistência ao cisalhamento, maior a "susceptibilidade" aos processos em estudo. Além disso, outros atributos relacionados aos materiais inconsolidados são semelhantes àqueles relacionados ao substrato rochoso.

Perfil de alteração

A caracterização dos materiais inconsolidados quanto a sua variabilidade vertical e lateral, é de fundamental importância. As principais características a serem levantadas são:

- a- gênese: residual (rocha de origem); transportado: talus, colúvio, aluvião.
- b- textura e plasticidade; composição mineralógica.
- c- índices físicos: umidade, peso específico natural e peso específico dos sólidos.
- d- espessura e extensão areal (continuidade lateral).

A influência dos fatores que interferem na resistência ao cisalhamento dos materiais inconsolidados é descrita pela mecânica dos solos clássica. Assim, é possível afirmar que:

- quanto maior a compactação ou consistência, maior a resistência ao cisalhamento;
- solos saturados apresentam valores de poro-pressão positivas, e portanto menor resistência ao cisalhamento;

- solos parcialmente saturados apresentam-se com poro-pressões negativas (devido a sucção), aumentando, ainda que temporariamente, sua resistência ao cisalhamento;
- para solos arenosos, quanto mais bem graduados, maior o entrosamento entre as partículas, maior a resistência ao cisalhamento; quanto mais esféricos e arredondados os grãos, menor a resistência ao cisalhamento;
- em relação a composição mineralógica, quanto mais resistentes os grãos individuais, maior a resistência ao cisalhamento;
- o histórico das tensões que o solo esteve submetido também influencia: argilas pré-adensadas apresentam resistência ao cisalhamento maiores que argilas normalmente adensadas;

Intercalação de materiais com diferentes níveis de resistência e/ou permeabilidade e/ou erodibilidade

Analogamente ao caso do substrato rochoso, a intercalação de materiais inconsolidados com diferentes níveis de resistência, permeabilidade ou erodibilidade, pode resultar no aumento da possibilidade de ocorrência de movimentos de massa gravitacionais.

Tipo de contato entre materiais residuais e transportados

Se o tipo de contato entre materiais residuais e transportados produz uma descontinuidade no perfil de alteração, isso pode levar a um aumento na predisposição para ocorrência de escorregamentos por essa superfície de contato.

Posicionamento dos materiais transportados na encosta

O posicionamento de materiais transportados como colúvios e talus pode gerar situações propensas a ocorrência de escorregamentos devido a presença de superfícies de contato abruptas (descontinuidades), auxiliadas pela presença de água através da infiltração. A presença de material transportado posicionado nos terço médio e superior da encosta aumentam a possibilidade de ocorrência de escorregamentos do que a presença destes no terço inferior.

Presença de materiais expansivos e intercalação com materiais não expansivos

Analogamente ao caso comentado no substrato rochoso, a presença ou intercalação de materiais expansivos, pode gerar situações de instabilidade por movimentações provocadas por expansões e contrações.

Presença de matacões próximos a superfície e posicionamento em relação a geomorfologia da encosta

A presença de matacões está associada a ocorrências de quedas e rolamentos de blocos, geralmente por descalçamento promovido por escoamento superficial. Seu posicionamento na encosta pode favorecer ainda mais a ocorrência desses processos.

Componente Cobertura Vegetal

Há um senso comum entre os estudiosos de que as florestas podem desempenhar um papel de proteção das encostas, e de que o desmatamento pode contribuir para o movimentos de massa gravitacionais.

a- atuação sobre fatores hidrológicos e climáticos no maciço natural:

- intercepta e retém, ainda que temporariamente, parcela da água precipitada nas partes aéreas (folhas, flores, galhos), evitando que atinja rapidamente a superfície do terreno; ou seja promove a diminuição do escoamento superficial;
- elimina a água retida na forma de vapor, através da absorção e da evapotranspiração, evitando que esse volume de água se infiltre no terreno;
- os detritos vegetais em contínua acumulação na superfície do terreno (serrapilheira), promovem: a retenção e imobilização de parte da água que alcança a superfície, diminuindo momentaneamente a infiltração; o refreamento do escoamento superficial em condições de máxima pluviosidade.

b- atuação sobre a mecânica dos movimentos de massa gravitacionais e erosões:

- obstrução e retenção de massas movimentadas à montante e a conseqüente diminuição da área atingida pelos processos;
- raízes e troncos aumentam a rugosidade do terreno, diminuindo a velocidade do escoamento superficial;
- o sistema radicular produz a estruturação ou reforço do solo, aumentando sua resistência ao cisalhamento; além disso, retém as partículas do solo no terreno, diminuindo a susceptibilidade à erosão;
- para raízes mais profundas, que atingem substratos mais resistentes, aparece o efeito de ancoragem das camadas superficiais das encostas;

- a extração (ou absorção) de parcela da água disponível pelas raízes diminui o teor de umidade dos solos, podendo reduzir as poro-pressões.

Alguns pesquisadores como Gray & Leiser (1982), Greenway (1987), Morgan & Rickson (1995) e Cunha *et. al.* (1991) chamam a atenção para os efeitos desfavoráveis que a cobertura vegetal pode produzir:

- efeito alavanca: quando atingidas por ventos, as árvores transmitem ao solo uma força cisalhante;
- a ação dos ventos sobre as árvores pode transmitir esforços ou tensões dinâmicas à encosta;
- efeito cunha: as raízes que penetram nas fendas e fissuras dos solos e rochas podem causar pressão de abertura dessas fendas;
- sobrecarga vertical: causada pelo peso da vegetação pode ter um efeito benéfico ou não na estabilidade, dependendo da inclinação e das características do material do terreno;
- as raízes e troncos aumentam a rugosidade superficial do terreno, e assim elevando sua capacidade de infiltração;
- a retirada prolongada da água do solo pelas plantas pode gerar um ressecamento excessivo da encosta, com a formação de fendas e fissuras de tração, que podem permanecer no solo e desse modo elevar a sua capacidade de infiltração;
- a quantidade de água retida pelo dossel de folhas, galhos, troncos e também a serrapilheira podem, num segundo momento, aumentar a saturação do substrato através da infiltração dessa água.

Portanto, existem alguns aspectos que relacionam a vegetação e o meio ambiente que estão diretamente ligados a ocorrência ou não de movimentos de massa gravitacionais, e podem ser observado na Tabela 4.9.

Tabela 4. 9 – Relação entre a vegetação e o meio ambiente (Bonuccelli, 1999)

TIPOS	CONSEQUÊNCIAS
Influência da cobertura vegetal sobre a interceptação das chuvas	Uma parte da chuva interceptada pela vegetação retorna a atmosfera por evaporação e outra parte permanece retida temporariamente, alcançando posteriormente o terreno através do fluxo de água pelos galhos e troncos e através do gotejamento das folhas. Com base na literatura consultada, pode-se dizer, que a capacidade de interceptação da cobertura vegetal pode ser influenciada por: tipo, densidade e idade da vegetação, estratos presentes (relacionados a capacidade de armazenamento); intensidade e duração da precipitação.
Influência da vegetação sobre a infiltração de água nos terrenos	A quantidade de infiltração da água que chega até a superfície de um terreno vegetado pode ser maior do que aquela que ocorre em um terreno desmatado. Isso pode ocorrer porque a presença dos troncos, das raízes vivas ou apodrecidas, da matéria orgânica vegetal e animal, de animais como minhocas, produzem um aumento na condutividade hidráulica (ou permeabilidade) da camada superficial do substrato. Entretanto, a infiltração promove um aumento no grau de saturação do meio, possibilitando a elevação das poro-pressões e do nível freático, e nesse caso, a presença de vegetação pode elevar a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa gravitacionais.
Influência da evapotranspiração e absorção	A vegetação absorve água através de suas raízes e a elimina através da transpiração pelos poros de suas folhas (estômatos). Uma parte da água interceptada é eliminada pela evaporação da água acumulada no dossel de folhas e flores. Alguns autores incluem a evaporação da água contida no solo, como parte da chamada evapotranspiração (Tucci, 1993). Muitos fatores interferem nesses processos, alterando a magnitude do volume de água utilizado: radiação solar, temperatura, vento, umidade relativa do ar; tipo e umidade do solo; tipo e densidade das plantas; tipo, profundidade e extensão lateral das raízes; e outros (arbustos), 3m (gramíneas) de profundidade.
Efeito da cobertura vegetal sobre a umidade do solo	A redução do teor de umidade do solo devido a retirada de água pelas raízes, evapotranspiração e interceptação não é significativa para períodos com chuvas muito intensas; já para o caso de períodos mais secos, essa redução da umidade pode diminuir a tendência a escoamentos lentos ou rastejo das encostas, devido a elevação da parcela de sucção (redução da poro-pressão) dos solos. (Walker & Mohen, 1987).
Influência do tipo de vegetação	Árvores e arbustos, com diâmetros de caule superiores a 10cm (quando adultas) e raízes que penetram pelo menos 2m no solo, apresentam uma capacidade de suporte maior do que gramíneas, herbáceas e outras espécies de menor porte; apresentam também uma maior redução no teor de umidade dos solos do que outras espécies. (Mac Gregor & Manus, 1992).
Influência do desmatamento e do reflorestamento na estabilidade das encostas	De acordo com Sidle <i>et al.</i> (1985) a relação entre desmatamento e aumento da frequência de movimentos de massa rasos após o desmatamento foi verificada por vários pesquisadores.

Tabela 4.9 – Relação entre a vegetação e o meio ambiente (Bonuccelli, 1999) - Continuação

TIPOS	CONSEQÜÊNCIAS
Influência do sistema de raízes na resistência ao cisalhamento dos solos	Os valores mais comumente encontrados para a profundidade das raízes são: 27m para raízes de eucaliptos; 30m para árvores de florestas tropicais; 3m para arbustos e 20cm para gramíneas. A maioria dos sistemas de raízes, verificou que a profundidade de árvores e arbustos variam freqüentemente entre 1 e 3m. Entretanto, é conveniente lembrar que muitos fatores podem influenciar nas dimensões das raízes: tipo de substrato, disponibilidade de água, condições climáticas, e portanto, não se deve utilizá-los indiscriminadamente. Sidle <i>et al.</i> (1985) apresentam uma tabela com valores do acréscimo de coesão obtida em ensaios de resistência de diferentes tipos de solos com raízes de diferentes árvores; valores esses determinados por vários autores. O valor do incremento de coesão variou desde 1 até 17.5 kPa. Wu (1976) propôs um modelo teórico para explicar o aumento da resistência ao cisalhamento em solos com raízes: o ângulo de atrito praticamente não se modifica com a presença de raízes; a coesão sofre um acréscimo que é função da resistência a tração das raízes, da relação entre a área de raízes disponível para o cisalhamento e a área total (raízes e solo) do cisalhamento. Para raízes orientadas perpendicularmente ao plano de cisalhamento e engastadas na superfície superior e inferior desse plano, pode-se dizer, com várias simplificações, que: $\Delta s = 1,2 Tr \times (Ar/A)$ onde: Tr : resistência a tração média das raízes; Ar: área ocupada pelas raízes, no plano de cisalhamento; A: área total do plano de cisalhamento. Em relação ao engastamento necessário das raízes para evitar o arrancamento das mesmas durante o cisalhamento, esse autor sugere que o comprimento mínimo das raízes deve ser: $L_{min} = Tr \times D / 2 \Delta \sigma_{arr}$ onde: Tr: resistência a tração média das raízes; D: diâmetro da raiz; $\Delta \sigma_{arr}$: resistência ao cisalhamento na interface solo-raiz, ou resistência ao arrancamento. A relação entre reforço que as raízes das plantas exercem sobre os substrato, e contribuição desse reforço na estabilidade das encostas foi discutida por Tsukamoto & Kusakabe (1984). Esses pesquisadores classificaram as diferentes situações de profundidade das raízes x profundidade da superfície de ruptura provável em 4 tipos diferentes de encostas: - tipo A: encostas com solo pouco espesso, totalmente reforçada com raízes, sobrejacente a substrato rochoso impenetrável às raízes; - tipo B: semelhante ao tipo A, porém o substrato rochoso permite a penetração de raízes; - tipo C: encostas com camada de solo espessa, porém as camadas mais profundas apresentam maior densidade e resistência e as raízes podem penetrar e "ancorar" nessa camada mais resistente; - tipo D: encostas com camada de solo espessa, onde a profundidade da camada é bem maior que a profundidade do enraizamento. Portanto, as situações onde as raízes podem efetivamente contribuir para um aumento na estabilidade das encostas são aquelas semelhantes ao tipo B ou C.

Tabela 4.9 – Relação entre a vegetação e o meio ambiente (Bonuccelli, 1999) - Continuação

TIPOS	CONSEQÜÊNCIAS
Influência na ancoragem e arqueamento dos solos	O efeito de ancoragem e arqueamento dos terrenos necessita de um espaçamento de 10 a 15m entre as árvores, para que seja efetivo ou eficiente. (Mac Gregor & Manus, 1992). Além disso, são as plantas com raízes verticais (ou pivotantes) e longas que melhor exercem esse papel de ancoramento nas camadas mais profundas (Leventhal & Mostyn, 1987).
Influência na sobrecarga e forças provocadas pelo vento	A sobrecarga devido ao peso próprio da vegetação não é considerada, em geral, um carregamento importante, mas a ação do vento pode ser significativa. A tensão de tração provocada pela ação dos ventos sobre a vegetação depende: da velocidade do vento, do ângulo de inclinação das folhas em relação ao vento; da biomassa; da área de folhagem que enfrenta o vento (Suarez, 1997). GRAY (1978 - <i>apud</i> Leventhal & Mostyn, 1987) demonstrou que a sobrecarga devido ao peso próprio e devido ao vento pode ser em geral desprezada.

Portanto, a cobertura vegetal atua como atenuadora do escoamento superficial, o que proporciona maior infiltração e, por conseqüência, aumenta teor de umidade, diminuindo a resistência aos movimentos de massa gravitacionais.

Apesar de alguns efeitos positivos que a vegetação pode causar às encostas, eles não são, na maioria dos casos, suficientemente significativos, para eliminar efeitos negativos, relacionados ao controle dos movimentos de massa gravitacionais, principalmente quando as demais características (como litologia, inclinação, material inconsolidado, etc.) são favoráveis à ocorrência dos eventos.

Portanto, as principais características da cobertura vegetal, que devem ser levantadas, para avaliar a sua capacidade de imprimir à encosta uma menor "susceptibilidade" aos movimentos de massa gravitacionais, são:

- tipo de vegetação e sua distribuição espacial;
- tipo e profundidade do sistema de raízes;
- resistência a tração do sistema de raízes, sua densidade e distribuição lateral
- capacidade de armazenar água na superfície: presença de diferentes estratos de cobertura vegetal (incluindo queda de folhas); espaçamento ou densidade total da vegetação

Componente Ação Antrópica

A evolução natural das encostas e os movimentos de massa gravitacionais ocorrem em função de fatores naturais (como geologia, clima, geomorfologia, dentre outros). A atuação do Homem interfere no ritmo dessa evolução, acelerando-a ou diminuindo-a, conforme a interação ocorrida:

- a- situações que promovem o aumento de infiltração de água, na encosta como um todo e principalmente em aterros, e em fissuras e trincas:
 - lançamento e concentração de águas pluviais por deficiência ou ausência de sistema de drenagem superficial;
 - lançamento de águas servidas por ausência de sistema de esgoto sanitário;
 - presença de fossas sépticas, quando sua utilização se dá em encostas íngremes e em grande número;
 - vazamentos da rede de abastecimento de água, muito comum quando os próprios moradores a executam de modo improvisado através de canos rígidos e flexíveis ("mangueiras")
- b- modificações nos padrões de drenagem: pela disposição de resíduos, pela construção de moradias em canais de drenagem;
- c- remoção indiscriminada da cobertura vegetal;
- d- cortes inadequados: para abertura de ruas e construção de residências, são muitas vezes executados cortes com altura e inclinação excessivas;
- e- construção de aterros inadequados: em locais impróprios como drenagens naturais; sem qualquer compactação e com utilização de lixo e entulhos.

Na Tabela 4.10 encontram-se resumidas as características do local que devem ser observadas (de acordo com os tipos de interação com o meio), para a avaliação da influência da ação antrópica na ocorrência dos movimentos de massa gravitacionais.

Componente Clima

Precipitação

Segundo Bonucelli (1999) as precipitações afetam as seguintes características do meio físico que favorecem os movimentos massa gravitacionais.

- a- alteração dos parâmetros de resistência dos materiais: diminuição da coesão aparente, eliminação das tensões capilares (ou poro-pressões negativas), dissolução da cimentação;
- b- aumento da solicitação externa: aumento do peso específico dos materiais que formam a encosta;
- c- com o avanço da frente de saturação no maciço, ocorre o desenvolvimento de poro-pressões positivas nos solos, subpressões nas descontinuidades rochosas e forças de percolação;

Tabela 4. 10 – Relação dos atributos necessários à avaliação da susceptibilidade a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais (Bonuccelli, 1999).

TIPOS	CARACTERÍSTICAS
Presença de escavações	Verificar as dimensões e quantidade, posição em relação a encosta (localização) e relação com anomalias geológicas.
Presença de locais de disposição de resíduos e rejeitos	Verificar as dimensões, tipo (lixão, cemitério, bota-fora, resíduos de mineração, rejeitos), localização e umidade associada.
Ocupações que promovem alterações no sistema hidrogeológico da encosta	Verificar as alterações nos canais de drenagem; acúmulos artificiais de água superficial; alterações que afetem fluxo de água subterrânea; utilização de fossas e outros recursos com mesma finalidade (já considerados no Componente Água).
Ocupação urbana	Verificar o tipo (residencial, comercial, industrial); padrão construtivo (alto, médio, baixo); densidade de ocupação (alta, baixa, média); peculiaridades do sistema construtivo: presença de contenções; ocupação com muitos cortes e aterros; ocupação sobre pilotis ou sobre alicerces de canga.
Presença de áreas de mineração	Verificar o tipo de mineração (a cada tipo de mineral extraído, está associada uma forma diferente de intervenção no meio físico, apresentando características bem peculiares e que podem influenciar na ocorrência de movimentos de massa gravitacionais) grau de atividade, que pode ser ativa ou inativa; estado de entropia, que pode ser degradada, recuperada, em recuperação; uso regular de detonações; localização das áreas (ou feições) de exploração; número e dimensões das áreas de mineração.

Insolação das encostas; direção preferencial dos ventos em relação à encosta; temperatura e umidade relativa do ar.

Verificar o nível geral de insolação na área em estudo, e também a posição das encostas em relação ao sol. Verificar se a encosta em análise apresenta sua face exposta ou não aos ventos predominantes. Verificar a média de temperatura e umidade relativa do ar. Todos esses atributos influenciam no aumento ou diminuição da taxa de evaporação, de modo que podem minimizar ou acentuar os efeitos das precipitações pluviométricas sobre as encostas, variando, por exemplo, as taxas de infiltração e secamento dos materiais das encostas.

4.5 – Adequabilidade das Informações

Fisher (1994) afirma que qualquer dado obtido pode ser utilizado, desde que observadas suas limitações quanto a alguns usos específicos, mas Antenucci (1991) garante que para se obter melhores resultados, os dados devem ser determinados com maior nível de precisão e detalhamento, desde o princípio.

Segundo Baeza & Corominas (2001) alguns dados são usados devido, simplesmente, sua disponibilidade ao invés de sua adequabilidade.

Portanto, para obter um resultado final que melhor caracterize o problema, devem ser adicionadas às informações relativas aos fatores melhor vinculados/relacionados ao comportamento do meio ambiente frente o problema em questão que podem ser selecionadas de acordo com o fluxograma da Figura 4.9:

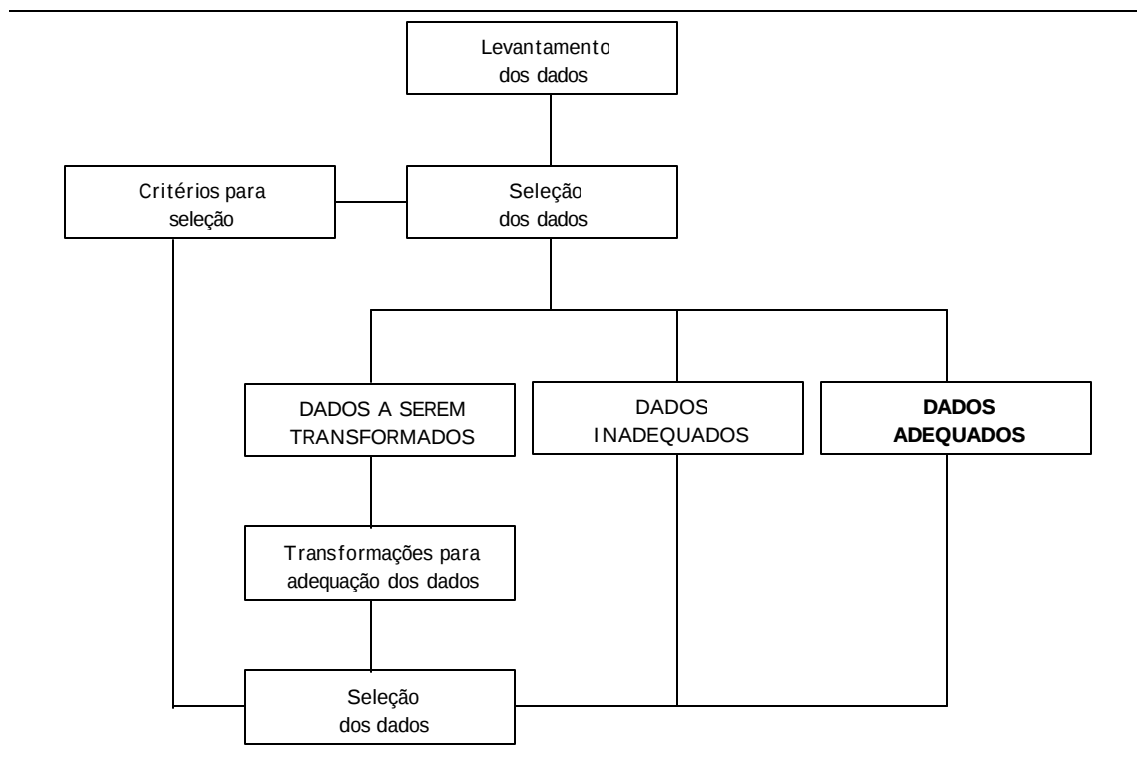


Figura 4. 10 – Fluxograma proposto para a seleção dos dados adequados à análise dos eventos.

4.6 – Armazenamento dos Dados

Considerando que o levantamento de dados é uma das mais onerosas etapas dos trabalhos desta natureza, deve-se dar especial atenção à forma na qual os mesmos serão

armazenados para que não se percam e possam ser usados em trabalhos de mesma natureza ou para outros propósitos.

Antenucci *et. al.* (1991) afirmam que os bancos de dados foram desenvolvidos para facilitar o acesso às informações e que estes sempre são uma demanda dos projetos que envolvem uma extensiva preparação ou acesso a várias fontes de dados.

Para tanto, é necessário definir algumas características, quanto aos dados, como:

1. Quais informações serão armazenadas;
2. Qual o formato de armazenamento das informações;
3. Como as informações serão disponibilizadas;
4. Quais as características do local onde as informações serão armazenadas;

Em função destas características, as informações podem ser armazenadas em sistemas como:

- ? Mapotecas;
- ? Relatórios;
- ? Bancos de dados;
- ? Planilhas eletrônicas;
- ? Arquivos de dados eletrônicos;
- ? Sistemas de Informações Geográficas;

4.7 – Tratamento das Informações

Uma vez caracterizados os dados, deve-se definir a forma de tratamento que será utilizada.

Soeters & Van Westen (1996) classificam o tratamento das informações (Tabela 4.11) nos seguintes enfoques:

1. Inventário: identificação dos eventos existentes em termos de distribuição, atividade e densidade;
2. Enfoque heurístico: análise geomórfica / combinação de mapas qualitativos;
3. Enfoque estatístico: análise bivariada / análise multivariada;
4. Enfoque determinístico: aplicação de modelos.

Tabela 4. 11 – Técnicas de análise dos dados em função da escala dos mapas (Soeters & Van Westen, 1996).

Tipos de análises	Técnica	Características	Dados necessários ^a	Escala recomendadas		
				Regional	Média	Grande
Inventário	Distribuição dos escorreg.	Análise da distribuição e classificação	3	sim ^b	sim	sim
	Atividade dos escorregam.	Análise das mudanças do padrão temporal	4, 5, 14, 15, 16, 17	não	sim	sim
	Densidade dos escorregam.	Cálculo da densidade nas unidades de terreno ou no mapa de isopletras	1, 2, 3	sim ^b	não	não
Heurísticas	Geomorfológica	Usa observações de campo do perito no zoneamento	2, 3, 4	sim	sim ^c	sim ^c
	Combinação qualitativa	Perito fornece ponderação de valores dos mapas	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18	sim ^d	sim ^c	não
Estatísticas	Bivariada	Calcula a importância da combinação de fatores	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18	não	sim	não
	Multivariada	Calcula a fórmula de previsão a partir de uma matriz de dados	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18	não	sim	não
Determinísticas	Fator de segurança	Aplicada a modelos de hidrologia e estabilidade de taludes	6, 11, 12, 13, 16, 20, 21, 22, 23	não	não	sim ^e

a – os números desta coluna referem-se à tabela 4.12.

b – somente com dados confiáveis para a distribuição dos eventos porque o mapeamento pode não atender a razão custo/benefício.

c – mas fortemente suportado por outras técnicas quantitativas para obtenção de um nível aceitável de objetividade

d – somente se existirem dados confiáveis suficientes da distribuição espacial dos fatores que controlam os eventos

e – somente onde houver características de terreno homogêneas, considerando a variabilidade dos parâmetros geotécnicos

Tabela 4. 12 – Levantamento de dados para a análise no zoneamento de hazard para estudos de escorregamentos (Soeters & Van Westen, 1996).

GEOMORFOLOGIA	GEOTECNIA	HIDROLOGIA
1 – Mapeamento de unidades de terreno 2 – Unidades e subunidades geomorfológicas 3 – Escorregamentos recentes 4 – Escorregamentos antigos	10 – Litologia 11 – Pedologia 12 – Mapa geológico estrutural 13 – Acelerações sísmicas	18 – Drenagem 19 – Bacia hidrológica 20 – Regime de chuvas 21 – Temperatura 22 – Evapotranspiração 23 – Mapa do Nível de água
TOPOGRAFIA	USO DO SOLO	
5 – Modelo digital de terreno 6 – Mapa de declividades 7 – Mapa de direção dos taludes 8 – Comprimento do talude 9 – Concavidade / convexidade	14 – Infra-estrutura recente 15 – Infra-estrutura antiga 16 – Mapa de uso do solo recente 17 – Mapa de uso do solo antigo	

Souza (2001) apresenta um resumo (Tabela 4.13) dos principais métodos, qualitativo e quantitativos, utilizados na análise ambiental.

Existe, também, o processo denominado analítico hierárquico que, segundo Daí *et. al.* (2001) é basicamente uma tomada de decisão multicriterial e multi-objetiva que emprega a comparação par a par para chegar a uma escala de preferências sobre um grupo de alternativas.

Baeza & Corominas (2001) afirmam que os procedimentos podem ser agrupados com base em análises geomorfológicas, técnicas de tratamento de dados e aproximações determinísticas onde a duas primeiras são mais usadas em análise de hazard regionais, enquanto que a terceira é usada para estudos detalhados, onde um fator de segurança é determinado e que a técnica de análise multivariada permite a avaliação quantitativa da influência simultânea de diferentes fatores, portanto, mais realística e objetiva para a avaliação de susceptibilidade a escorregamentos.

Tabela 4. 13 – Principais métodos qualitativo e quantitativos utilizados na análise ambiental (Souza, 2001 – modificado).

MÉTODOS	EMPREGO
QUALITATIVO	
Empírico O conhecimento científico tem a sua origem na experiência (Christofolletti, 1999)	É, ainda, o método mais utilizado em análises ambientais
QUANTITATIVO	
Estatístico Consideram os diferentes atributos do meio físico que permitem a definição quantitativa (Zuquette <i>et. al.</i> , 1997)	
Determinístico São procedimentos utilizados com base em condições de homogeneidade em termos de um número muito grande de atributos (Zuquette <i>et. al.</i> , 1997)	Exigem condições de homogeneidade em termos de um número muito grande de atributos
Probabilístico ou estocástico Esses modelos envolvem variáveis, parâmetros e constantes matemáticas, juntamente com um ou mais componentes aleatórios resultantes de flutuações imprevisíveis dos dados de observação ou da experimentação (Christofolletti, 1999)	Os elementos estocásticos podem estar associados com os seus inputs, com os seus parâmetros ou distribuições espaciais ou com processos que estão sendo modelados. As principais vantagens deste método baseiam-se na habilidade para prever uma distribuição de resultados, aos quais podem ser atribuídos limites de confiança para avaliar suas similaridades ao mundo real que se pretende modelar (Christofolletti, 1999)

Portanto, cada informação deverá, em princípio, ser definida como uma variável qualitativa ou quantitativa. Dentre as variáveis qualitativas, deverá ser definida a forma de valoração, e esta deverá estar associada ao objetivo da análise da variável.

4.7.1 – Análise das principais abordagens para tratamento de informações, voltadas ao estudo de movimentos de massa gravitacionais.

As diferenças de abordagem (sistemática) dos métodos para avaliação dos “hazards” e dos riscos, dificultam a comparação entre os avanços obtidos por cada uma delas. Entretanto, há que se reconhecer que, de uma forma ou de outra, os trabalhos e pesquisas relacionados com o tema, têm contribuído para a diminuição dos danos associados à ocorrência de movimentos de massa gravitacionais.

Einstein (1988) descreve e organiza os diferentes procedimentos utilizados por diferentes autores/pesquisadores na avaliação, análise e busca de soluções para os problemas relacionados a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais. Para esse autor, a seqüência de procedimentos usada na avaliação de risco passa por diferentes níveis de informações: descrição do fenômeno, procura de uma forma de tratamento para sua “não previsibilidade”; relação do fenômeno ocorrido com as conseqüências. Assim, sugere classificar os tipos de análise, sintetizados em mapas, apresentados por diferentes pesquisadores em:

- Mapas de “State of Nature”: são os mapas de informações básicas - topográficos, geológicos, hidrogeológicos etc.;
- Mapas de “Danger”: caracteriza os fenômenos ou processos, descrevendo-os geométrica e mecanicamente, além de localizá-los. São os mapas de inventário de movimentos de massa gravitacionais passados e presentes;
- Mapas de “Hazards”: caracteriza a “não previsibilidade” dos fenômenos. Combinação dos “dangers” com as respectivas probabilidades de ocorrência, dentro de um período de tempo;
- Mapas de “Risk” (risco): caracteriza as conseqüências associadas a ocorrência dos fenômenos. Combinação dos “hazards” com as respectivas probabilidades de ocorrência de danos;
- Mapas de “Management” (Gerenciamento) : corresponde ao produto final da avaliação de risco, base para as ações a serem executadas no processo de intervenção no meio e minimização dos danos. Raramente são encontrados como produto final das etapas descritas anteriormente; o que se observa é o uso direto de “danger maps” (mapa de eventos perigosos) como “warning maps” (mapas de advertência) ou como base para mapas de zoneamento.

De acordo com Hartlen & Viberg (1988), a análise e avaliação ideal dos “hazards” deve responder a questões espaciais, temporais de geometria e instabilidade relativas ao

evento (Tabela 4.14). As técnicas de avaliação, segundo os autores podem ser classificadas em avaliação relativa e avaliação absoluta:

a- relativa: o zoneamento é executado pela comparação dos “hazards” de diferentes encostas, uns com os outros.

b- absoluta: essa técnica pode ser dividida em 3 grupos principais:

- “white box models”: baseada em modelos físicos ou em modelos determinísticos;
- “black box models”: baseada não em modelos físicos mas em análise estatística;
- “grey box models”: baseada parcialmente em modelos físicos e parcialmente em análises estatísticas.

Tabela 4. 14 – Questões Relacionadas a Avaliação de Hazards

QUESTÃO	TIPO DE PREVISÃO DE “HAZARD”
Onde ocorrerá o movimento de massa?	Espacial
Quando ocorrerá o movimento de massa?	Temporal
Que tipo de movimento de massa ocorrerá?	Tipo
Quanto da encosta será envolvida pelo movimento?(área e profundidade)	Volume
Quão rápido será o movimento?	Velocidade
Até onde alcançará o movimento?(trajetória)	Distância percorrida
Quão perigosa ou instável é a encosta?	Instabilidade

Van Westen (1993) apresentando uma revisão das principais tendências na forma de avaliação dos “hazards”, explica que inicialmente os pesquisadores se preocuparam em resolver as questões referentes à escala da investigação de campo e ao desenvolvimento de modelos determinísticos. A grande variabilidade regional dos parâmetros geotécnicos como coesão, ângulo de atrito, espessura das camadas, profundidade do nível d’água, se mostrou inconsistente com a homogeneidade necessária à adoção de modelos de análise determinísticos. Além disso, a relação custo/benefício e o tempo necessário à coleta de dados se apresentaram inaceitáveis para grandes áreas. Para solucionar esses problemas, várias técnicas de avaliação de “hazards” foram desenvolvidas nos últimos anos.

Análise de distribuição dos movimentos de massa gravitacionais.

Essa técnica é a forma mais elementar de avaliação de “hazards”: baseada no mapa de inventário de ocorrências (“dangers maps”), e distribuição dessas ocorrências em cada subunidade da área em estudo. Como exemplo pode-se citar o trabalho de Wieczorek (1984) na Califórnia/EUA: as subunidades nesse caso foram determinadas pelas diferentes unidades

geológicas. Wright *et al.* (1974) sugerem que a distribuição dos movimentos de massa gravitacionais e processos correlatos seja realizada na forma de mapa de densidade; calculando posteriormente a densidade através de círculos de contagem e traçando um mapa de isopletras para os movimentos da área.

A principal limitação desse método, está nas informações fornecidas, que se referem somente ao período imediatamente anterior à data de execução das aerofotos. Alguma melhoria poderia ser obtida através da análise multitemporal de fotos aéreas ou utilização de imagens de satélite em escalas compatíveis (1:10.000 ou maiores).

Análise determinística

A análise determinística tem sido muito usada nos trabalhos de análise de “hazards”, apesar dos problemas quanto a quantidade e qualidade dos dados necessários à elaboração desse modelo. Na verdade, sua aplicação em condições geomorfológicas e geológicas muito homogêneas, e onde os tipos de movimentos de massa gravitacionais e processos associados são simples, ela pode ser realizada com sucesso. Sua principal vantagem está na base física (“white box models”) e sua desvantagem está no grau excessivo de simplificações necessárias.

Análise qualitativa

A avaliação dos “hazards” baseada na geomorfologia foi desenvolvida por Kienholz (1978). O grau de “hazard” é, nesse caso, avaliado em cada parte do terreno e as regras de avaliação dependem da experiência do geomorfólogo. Trata-se, portanto, de um método subjetivo. Malgot & Mahr (1979), Perrot (1988), Hearn (1992) e outros pesquisadores também utilizaram métodos semelhantes.

Para superar o problema das “regras ocultas” Stevenson (1977) desenvolveu um sistema empírico para a Tasmânia - Austrália. Com base no conhecimento dos fatores-causa das instabilidades, ele estabeleceu “pesos” para diferentes parâmetros (ou atributos). Esse método acabou se tornando muito popular, entretanto, há uma limitação intrínseca no seu uso: a determinação do valor dos “pesos” ou a ponderação dos parâmetros é geralmente baseada em conhecimentos subjetivos dos fatores-causa, ou muito dependentes da experiência do pesquisador (conhecimento especialista).

Análise estatística

A disponibilidade atual de computadores e aplicativos direcionados ao tratamento de dados têm facilitado o emprego das técnicas estatísticas, aumentando sua objetividade e

melhorando sua reprodutibilidades em termos de avaliação de “hazards”, apesar, disto, o número de trabalhos que fazem uso desta técnica para a análise de dados ainda é relativamente pequeno.

Os métodos estatísticos geralmente utilizados na avaliação de "hazards" e citados na literatura são:

- análise estatística univariada: análise estatística de dados obtidos de listas de verificação de fatores-causa associados a ocorrência de movimentos de massa. Neuland (1976); Carrara *et al.* (1978); Corominas *et al.* (1992); Othman *et al.* (1992);
- análise estatística multivariada: utilização de unidades do terreno pertencentes a área de estudo. Para cada unidade, dados geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e morfométricos são coletados e analisados através de regressão linear múltipla e/ou análise discriminante. Carrara *et al.* 1978 e 1990; Carrara 1983, 1988 e 1992; “Information Value Method” de Yin & Yan (1988); “Logical Message Method” de Runqiu & Yuanguo (1992).

A desvantagem associada a esses métodos se refere ao tempo relativamente grande necessário à coleta e ao processamento dos dados.

Análise de frequência dos movimentos de massa gravitacionais

Muitos dos métodos e exemplos anteriormente descritos, não se enquadram dentro da definição de “hazards” proposta. A avaliação da probabilidade de ocorrência de movimentos de massa gravitacionais em uma determinada área, dentro de um período de tempo, é possível somente quando se determina a sua relação de ocorrência com a frequência de fatores desencadeantes do processo, tais como chuvas intensas ou sismos. Dentro dessa visão, principalmente em relação a chuvas, várias técnicas para determinação de valores limites de “chuvas antecedentes”, têm sido desenvolvidas. Exemplos: Capecchi & Focardi (1988); Elbachá *et al.* (1992); Tatizana *et al.* (1987).

Existem muitos trabalhos com diferentes abordagens e propostas metodológicas que podem ser encontrados na literatura relacionados a obtenção de cartas de "hazards" e cartas de risco, para áreas com ocorrência de movimentos de massa gravitacionais e processos correlatos. Rodrigues (1998) analisa e resume as principais propostas metodológicas (Tabela 4.15) utilizadas em diferentes países; executa ainda uma interessante comparação entre as diferentes metodologias, sintetizando as principais características de cada uma delas.

Tabela 4. 15 – Principais características das propostas metodológicas para avaliação de "hazard" e risco (Rodrigues, 1998).

METODOLOGIA	M.G.M.	ESCALA	CARTAS	RISCO	HAZARD	ESTAT	SIG
ZERMOS (HUMBERT,1977; SANEJOUAND,1972)	geral	1:50.000 1:2000	H/R	R	R	não	não
HINOJOSA & LEON (1978)	geral	1:200.00 1:50.000	H		R	não	não
GASP (BRAND <i>et al</i> 1982, BURNETT <i>et al</i> 1985, BURNETT & STYLES, 1982)	específica /geral	1:20.000 1:2.500	H/R	R	P	sim	GEOTECS
SESHAGIRI <i>et al.</i> (1982)	específica	-	H		R	não	não
BRABB (1984, 1985)	específica	1:24.000	H/R	A	P	sim	não
STEVENSON (1978)	específica	1:2.400	R				não
KIENHOLZ (1985)	geral	1:25.000 1:10.000	H		P	sim	não
CHOUBEY & LITORIA (1990), Índia	específica	1:50.000	H		R	não	não
BARISONE & BOTINO (1990), Itália	específica		H		R	sim	não
AUGUSTO FILHO (1994), Brasil	geral	1:10.000	H			sim	banco dados
BERGGREN <i>et al.</i> (1991)	específica	-	R	R		sim	não
AMBAGALAN (1991,1992), Índia	específica	1:50.000 1:1.000	H		R	não	não

onde:

M.G.M.: geral, quando todos os tipos de movimentos de massa gravitacionais são considerados; específica, quando 1 ou mais (mas não todos) são considerados

escala: escala final das cartas de "hazards" e risco

cartas: documentos finais são cartas de "hazards"(H), cartas de risco (R), ou ambas (H/R)

risco: verifica se o resultado das cartas de risco são do tipo absoluto ou relativo

hazard: verifica se o resultado obtido nas cartas de hazard são probabilísticos ou relativos

estat: verifica se recursos estatísticos são utilizados em alguma etapa da metodologia

SIG: verifica se algum tipo de sistema de informação geográfica é utilizado

Avaliação e gerenciamento dos riscos

Considerando o risco como a probabilidade de ocorrência de perda ou danos associada aos "hazards", as consequências negativas ou perdas ou danos podem ser separados em 4 categorias: danos que afetam o Homem; danos que afetam a atividade econômica, danos que afetam propriedades e danos ambientais.

Portanto, uma área submetida a um mesmo "hazard" pode apresentar diferentes níveis de risco, dependendo do tipo de ocupação e uso do solo e também das peculiaridades da população no local. Outro aspecto que deve ser levantado, se refere a avaliação de risco baseada na ocupação e uso atual e ocupação e uso futuro (uso potencial), ou seja, é necessário executar a estimativa da vulnerabilidade dos elementos ou conjunto de elementos submetidos a um mesmo "hazard".

A quantificação e identificação das possíveis consequências dos movimentos gravitacionais e processos correlatos, passa pelo detalhamento das características dos danos.

Cada característica (ou atributo do dano) pode ser associado a um custo, entretanto, danos ambientais e estéticos não são simples de serem avaliados. A avaliação quantitativa do risco passa necessariamente por essas estimativas, de modo que se tenha uma base mais rigorosa para ações de preservação, intervenção, e minimização dos riscos (Bonuccelli, 1999).

Considerando a estimativa da vulnerabilidade ou das possíveis conseqüências associadas a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais, Wong *et al.* (1997) apresentam e discutem os procedimentos adotados em vários trabalhos encontrados na literatura. Classificam as abordagens utilizadas em 4 classes: diretas; árvore de eventos; modelos de conseqüências; diagramas de influência e apresentam, em detalhes, o procedimento utilizado em Hong Kong para esse tipo de avaliação.

Ragozin (1994) apresenta uma discussão interessante sobre segurança e risco, baseados no conceito de segurança absoluta (“absolute safety”) o que produzia um efeito psicológico perigoso: *se é absolutamente seguro, não há preocupação com ações preventivas para o caso de emergências*. Um dos exemplos das conseqüências relativas a este tipo de análise é o acidente ocorrido em Chernobyl.

Atualmente, nos países mais desenvolvidos (Inglaterra, Holanda, Japão, EUA) admite-se o conceito de “risco aceitável”. Este risco é da ordem de 10^{-6} pessoas mortas/ano para todos os tipos de “hazards” na Holanda e na Inglaterra (ou seja, um para cada 1 milhão de habitantes), já para o caso de projetos especiais como escolas e hospitais este risco varia entre 10^{-6} e 10^{-8} pessoas/ano.

4.8 – Condições para a Tomada de Decisão

O tratamento das informações irá indicar qual das alternativas é a mais adequada para a tomada de decisão, levando em consideração, o rol de alternativas possíveis.

Portanto, a tomada de decisão será baseada em:

1. alternativas possíveis apresentadas;
2. classes obtidas através do tratamento das informações;
3. presença ou ausência de ocupação, ou de tipos específicos;

4.9 – Zoneamento Baseado na Tomada de Decisão

O zoneamento das áreas baseado na tomada de decisão consiste na execução de uma carta, onde a menor divisão é baseada na área mínima, apresentando valores que representem, em termos hierárquicos, as possíveis opções para a tomada de decisão.

Considerando uma área mínima do tipo grid regular onde serão obtidos valores diferenciados, o zoneamento poderá ser executado a partir de uma definição de escala de valores que irão representar cada tipo de alternativa para a tomada de decisão:

- ? Faixa de valores;
- ? Tipo de alternativa;
- ? Implementação;
- ? Classes de alternativas;
 - estruturais
 - orientativas

4.10 – Gerenciamento do Banco de Dados

Uma vez definida a forma de armazenamento, deve-se definir qual ou quais entidades terão a guarda e possibilidade de distribuição, considerando a estrutura do município:

1. Associações;
2. Cooperativas;
3. Biblioteca municipal;
4. Defesa Civil;
5. Prefeitura;
6. Disponibilizados em rede (Internet/Intranet).

A seleção da entidade que deverá manter os dados depende de dois pontos fundamentais:

- ? Que tipos de tomada de decisão estão envolvidas e que órgãos ou empresas serão os responsáveis pela implementação;
- ? Qual a hierarquia administrativa da região e em que nível está inserido o órgão que irá implementar a tomada de decisão.

5 – APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA EM PORÇÃO DA SERRA DE OURO PRETO – OURO PRETO/MG.

5.1 – Considerações Gerais

A região escolhida para o desenvolvimento do trabalho é uma parte da cidade de Ouro Preto/MG, por apresentar situação geológico-geomorfológica peculiar e a ocorrência de inúmeros eventos que vêm, nos últimos anos, colocando em risco, tanto o patrimônio histórico quanto a vida dos habitantes.

A área vem sendo palco de numerosos estudos, que geraram uma grande quantidade de dados, o que poderá permitir a implementação de um banco de dados relativo aos movimentos de massa gravitacionais. Estes dados deverão passar por tratamentos estatísticos, com a montagem de um modelo espacial e temporal.

Considerando a área de aplicação para a metodologia apresentada neste trabalho (porção NE da Serra de Ouro Preto), pode-se afirmar que já existem diversos trabalhos desenvolvidos em escalas que variam entre 1:2.000 e 1:50.000 sendo possível aferir a proposta metodológica e comprovar a importância da existência de informações prévias em formato adequado.

5.1.1 – Aspectos gerais

Em 1680, com a descoberta do ouro pelos bandeirantes, teve início o povoamento da região de Ouro Preto (antiga Vila Rica) através da formação de vilarejos e arraiais, que em 1711 foram agrupados e elevados à categoria de Vila (Vila Rica) sendo esta escolhida como a capital de Minas Gerais até 1897. Quando a capital foi transferida para Belo Horizonte, passou a ser chamada de Cidade Imperial de Ouro Preto em 1823, devido a descoberta de ocorrências de ouro com uma coloração mais escura.

O conjunto arquitetônico de Ouro Preto foi declarado Cidade Monumento Nacional em 12 de julho de 1933 e tornou-se a primeira cidade brasileira a ser reconhecida como Patrimônio da Humanidade (pela UNESCO) em 02 de setembro de 1980.

5.1.2 – Localização

O município de Ouro Preto (figura 5.1) pertence a mesoregião metropolitana de Belo Horizonte (da qual dista 96km) tendo como limites ao norte as cidades de Itabirito e Santa Bárbara, ao sul Catas Altas de Noruega, a leste Mariana e Piranga e a oeste Belo Vale e Moeda, abrangendo 11 distritos e uma área total de 1.274km². O acesso à região pode ser feito

pelas rodovias BR-365 (Rodovia dos Inconfidentes), MG-262, estradas vicinais e pela ferrovia da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA).

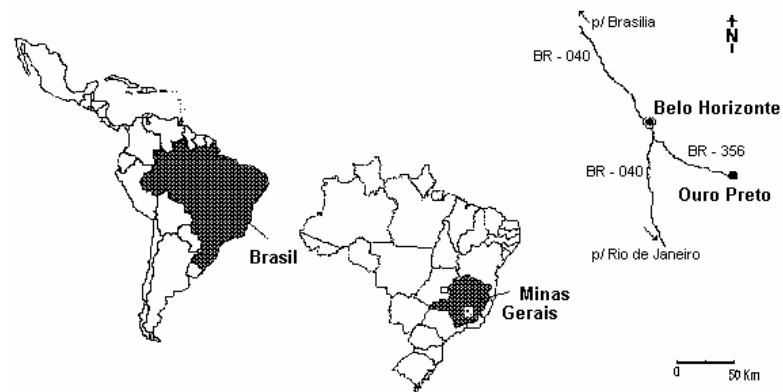


Figura 5. 1 - Localização e vias de acesso (modificado de Bonuccelli, 1999).

A área selecionada para aplicação da metodologia está situada no sítio urbano de Ouro Preto entre as coordenadas UTM: 655.000E, 7745.000N e 656.800E, 7746.600N (Figura 5.2).

Pode ser observado na Figura 5.3, através da fotografia de baixa altitude obtida no ano de 2001, o detalhe da área em estudo representando a ocupação atual e as características de uso do solo.

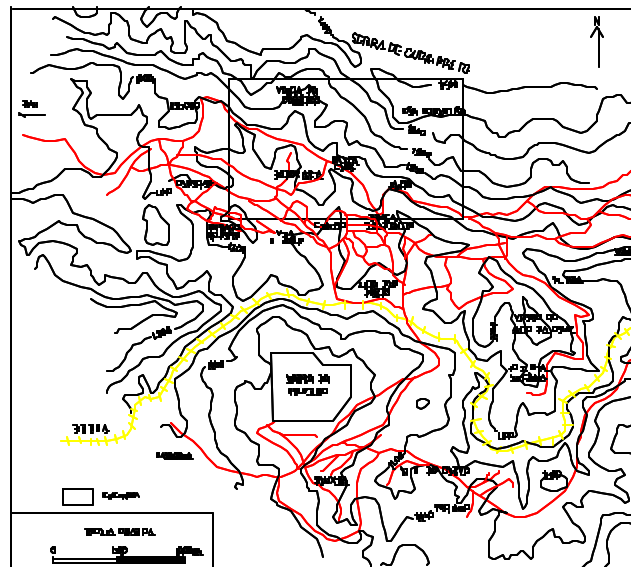


Figura 5. 2 - Área selecionada para estudo (Zenóbio, 2000).

Nas ortofotos recortadas e agrupadas (Figura 5.4) a partir de conjunto obtido pela CEMIG – Centrais Elétricas de Minas Gerais na escala 1:10.000, voo Proj 03/86 da Empresa Esteio, articulação das folhas na escala 1:50.000 Mariana 43_07_09 e 43_07_13, Ouro Preto 42_12_12 e 42_12_16, podem ser observadas as características da área em estudo como a geomorfologia, drenagem e ocupação



Figura 5. 3 - Vista geral da área em estudo - ocupação atual referente ao ano de 2001

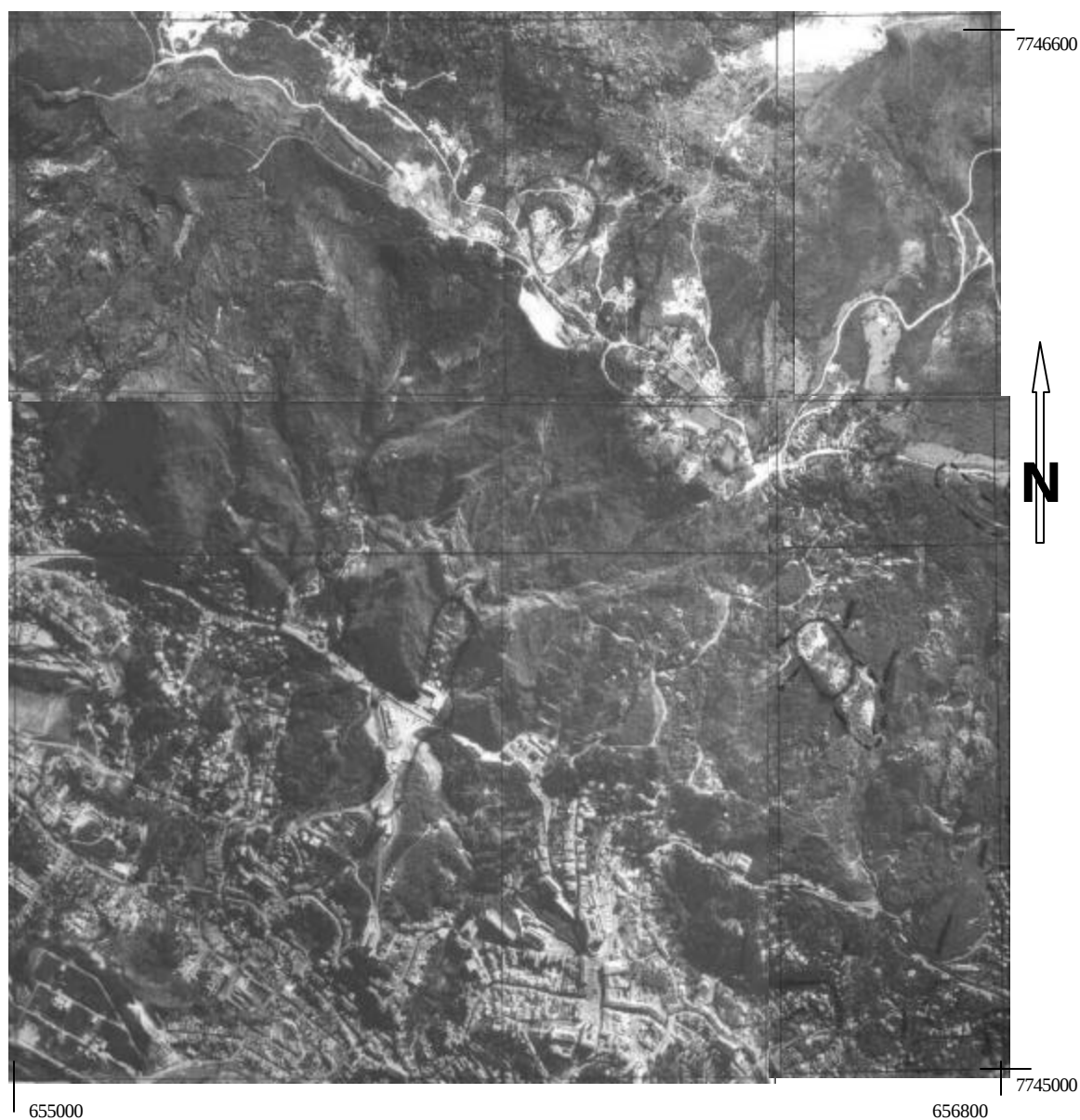


Figura 5. 4 - Ortofoto para a área em estudo, baseado em documentação na escala 1:10.000 (Fonte: CEMIG).

5.1.3 – Aspectos Sócio -Econômicos

A ocupação de Ouro Preto na época denominada “Ciclo do Ouro” ocorreu de forma ordenada, onde as construções acompanhavam a topografia e evitando-se a execução de cortes nas encostas e procurando utilizar como material de construção, a matéria prima disponível nas proximidades.

A ocupação das encostas, em Ouro Preto, data desde meados do século XVII, ocasião em que a cidade cresceu assustadoramente devido a extração do ouro, tornando-se um dos

prósperos centros urbanos das Américas, chegando a uma população da ordem de 500.000 habitantes .

A partir do tombamento do conjunto arquitetônico pelo Patrimônio Histórico, o crescimento que antigamente era ordenado passou a não apresentar mais estas características. Nas encostas próximas ao centro histórico, inicia-se a ampliação da malha urbana com processos de ocupação desordenada ocasionada, principalmente, pela instalação da população de baixa renda e empregados das mineradoras.

O crescimento retomado nas décadas de 70 e 80, devido a instalação das mineradoras e siderurgias e sua tradição como pólo educacional e turístico refletiram em ocupação de encostas fora dos padrões técnicos, onde inúmeros episódios de escorregamentos em diversas áreas da cidade têm sido relatados, ocasionando mortes e prejuízos materiais. Já na década de 90, este crescimento vem ocorrendo em menor proporção (Tabela 5.1) devido a mudanças econômicas ocorridas nos setores mineiro e siderúrgico além da difícil ampliação da malha urbana, restrita pela topografia acidentada da região.

Tabela 5. 1 - Levantamento populacional do município de Ouro Preto.

ANO	URBANA	RURAL	TOTAL(habitantes)
1970	31.883	14.282	46.165
1980	37.964	15.446	53.410
1991	-	-	62.483
1992	-	-	63.800
1993	-	-	65.003
1995	-	-	66.134

Fonte: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE, 1995)

Apesar disto, as encostas que vêm sofrendo atualmente os processos de ocupação são fisicamente impróprias e este tipo de uso, sobretudo em termos geológicos, sendo áreas altamente susceptíveis a movimentos de massa gravitacionais e processos correlatos (Zenóbio, 2000).

Quanto a estrutura econômica, é inegável a predominância do setor mineral em termos de extração e beneficiamento de ferro, bauxita, manganês, pirita, topázio imperial e rochas ornamentais, apesar da existência de atividade agro-pastoril (observadas nos distritos de Ouro Preto).

As atividades que vêm crescendo nos últimos tempos são aquelas ligadas ao turismo, uma vez que a região possui um rico conjunto arquitetônico preservado desde o século XVIII

representado por casarios, pontes, chafarizes, além de toda uma história ligada ao Ciclo do Ouro.

5.1.4 – *Clima*

De acordo com a classificação de Kopen, o clima do município de Ouro Preto é tropical de altitude – mesotêmico úmido com inverno seco e verão brando (Cwb).

A temperatura média anual é de 18,5° C sendo o mês de janeiro o mais quente (média de 21,2°C) e o de julho o mais frio (média de 15,5°C). As temperaturas mais elevadas coincidem com o semestre chuvoso, já as temperaturas mais baixas ocorrem no semestre seco.

A altitude elevada da região é considerada um dos fatores responsáveis pelo alto índice pluviométrico (o período chuvoso se estende de outubro a março) uma vez que os valores máximos de precipitação são observados exatamente nos locais de relevo acentuado, o que confirma o estreito relacionamento entre a topografia elevada e os altos índices de umidade relativa, induzindo precipitações isoladas ou intensificando as linhas de instabilidade tropicais (IGA, 1995).

De acordo com estudos realizados pelo IGA (1995), o ano de 1916 aparece como o mais chuvoso, com 2.711,3mm distribuídos em 142 dias, e os de 1939 e 1984 como os mais secos. Sendo que os anos de 1924 e 1979 foram considerados anos anômalos, pois as chuvas alcançaram em 1924, em janeiro, a marca de 793,4 mm distribuídos em 28 dias.

Em janeiro de 1979, as chuvas atingiram a marca de 750,4mm durante 20 dias, correspondendo uma média de 37,5mm de chuva /dia. O maior índice registrado nesse ano foi de 161mm, em 1º de fevereiro, ocorrendo os mais sérios escorregamentos, resultando em grandes transtornos à população, principalmente aos que habitavam as encostas.

Dados mais recentes podem ser observados na Tabela 5.2 onde se pode confirmar a afirmação de que os meses de maior precipitação são aqueles que se encontram entre outubro e março, excetuando-se talvez os anos de 1988 em que a precipitação no mês de abril foi de 205,4mm e 1993 com 165,1mm no mesmo mês. Pode-se observar, ainda que os anos de 1990 e 1992 apresentaram, respectivamente, a maior e menor pluviosidade anual do período.

Segundo Bonuccelli (1999), a direção dos ventos que predomina em Ouro Preto é sudeste com uma velocidade média de 2,5m/s. Esses dados são relativos às médias mensais das leituras executadas na estação meteorológica da Escola Técnica Federal de Ouro Preto (ETFOP), para os anos de 1981 a 1990 e fornecidos pelo 5º Distrito Meteorológico.

Tabela 5. 2 - Dados da precipitação mensal e anual entre 1988 e 1997 (Bonuccelli, 1999).

Mês/Ano	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Janeiro	290,6	176,6	88,8	604,5	687,5	144,8	367,0	174,6	136,3	572,9
Fevereiro	278,5	317,4	141,5	256,1	292,7	204,0	59,5	188,5	309,8	138,1
Março	99,5	188,1	109,3	310,1	62,3	168,3	206,0	226,9	167,4	204,1
Abril	205,4	16,2	75,0	65,1	93,5	165,1	60,8	66,7	51,1	96,5
Mai	53,0	1,1	61,9	37,0	91,1	40,4	35,6	24,3	49,4	20,8
Junho	0,8	40,9	12,2	7,5	1,5	14,7	3,9	5,5	2,6	12,7
Julho	0,0	49,5	30,7	2,6	18,7	0,0	1,0	8,2	0,0	2,2
Agosto	0,0	28,1	52,4	2,0	21,8	11,7	0,0	0,0	5,9	3,1
Setembro	33,4	93,7	44,9	93,4	132,1	73,9	1,2	15,7	96,5	90,5
Outubro	80,2	154,4	69,8	115,0	156,9	202,5	120,0	178,3	153,2	193,3
Novembro	127,7	212,8	159,4	158,1	347,7	136,2	130,0	200,3	407,4	189,0
Dezembro	177,2	555,1	159,2	277,5	410,9	289,1	330,0	514,5	400,3	165,6
Total (mm)	1347	1834	1005	1929	2317	1451	1315	1604	1780	1689

5.1.5 – Vegetação

Em termos de cobertura vegetal, a região onde se encontra inserida a área em estudo apresentava, inicialmente, um caráter de transição entre a região das florestas de planalto e a dos campos de planalto bastante degradados pela ação antrópica que data desde meados do século XVIII (iniciada com o ciclo do ouro). Atualmente, a região apresenta matas secundárias em diferentes estágios de recuperação e regeneração (Silva & Gontijo, 1995).

Contudo, há que se considerar que a descaracterização da cobertura vegetal não se restringe somente ao século XVIII, mas também, com a criação de rebanhos bovinos (queimadas para formação de pasto), a exploração da terra em termos de lavouras de subsistência, a mineração de pedras preciosas e minérios (ferro, alumínio, pirita, manganês), além da exploração do carvão vegetal para as caldeiras das locomotivas e o alto-forno das indústrias siderúrgicas (final do século XIX e início do século XX).

Silva & Gontijo (*op. cit.*) apresentam as principais características de cada tipo de cobertura vegetal encontrada em Ouro Preto na Tabela 5.3 e a classificação da cobertura vegetal e do uso do solo para o sítio urbano de Ouro Preto na Tabela 5.4 que segue as recomendações de Veloso et al. (1991).

Tabela 5. 3 - Características principais da cobertura vegetal em Ouro Preto (Silva & Gontijo, 1995).

Tipo	Características principais da cobertura vegetal
<i>Floresta estacional semidecidual</i>	Ocorrem nas partes altas das encostas, depressões e grotas (drenagens profundas) das encostas, sombreando as nascentes, e também ao longo dos cursos d'água, formando as matas ciliares ou de galeria. O exemplo típico ocorre na estação ecológica do Tripuí. Nas áreas mais preservadas apresentam árvores de 10 a 15m altura como copaíba, canela, cedro, quaresma, angico, e outras principalmente da família das leguminosas. Apresenta ainda um estrato arbustivo de 2,5m altura; e um estrato herbáceo pobre com gramíneas, ervas, pteridófitas. Nas áreas menos preservadas apresentam caráter secundário: arbustivo-arbóreo (3 a 5m altura) e arbustivo-herbáceo. Descaracterizadas e dominadas por espécies invasoras como as embaúbas brancas ou prateadas (planta ávida de luz) ou secundárias como as candeias e outras da família compositae. São as chamadas matas de candeias ou matas mistas, frequentes na área, e apresentando diferentes estágios de desenvolvimento. Nesse item podem também ser incluídas as matas de galeria (ou ciliar) que podem apresentar outras espécies como sucupira, paus de cobra, angelim preto, taipoca, pindaíba e outros.
<i>Vegetação arbustivo-arbórea</i>	Com frequência localizam-se também em áreas degradadas e manejadas por pastoreio ou por queimadas anuais. No caso da savana gramíneo-lenhosa (campo cerrado), ela é formada por gramíneas intercaladas por plantas lenhosas arbóreas de pequeno a médio porte. Incluem-se também populações de transição da floresta semidecidual e mata de candeias. As espécies mais frequentes são: ervas e arbustos como assa-peixe, vassourinha, alecrim e gramíneas como panicum (capim-colômbio), paspalum (grama batatais); pode-se encontrar espécies arbóreas das famílias compositae (principalmente candeias), rubiaceae, myrtaceae.
<i>vegetação rasteira</i>	Formada por vegetação rasteira de porte herbáceo: campos rupestres (geralmente sobre formações quartzíticas), pastagens artificiais (gramíneas exóticas à região), campos gramíneos de altitude ou pastagens naturais. Os refúgios ecológicos (campos rupestres) encontradas em pontos elevados como na serra do Veloso e no maciço do Itacolomi; são remanescentes de formações isoladas e relacionadas a paleoclimas. Ocorrem em solos litólicos e afloramentos rochosos. Apresentam fisionomia campestre e são constituídos por cobertura herbáceo-graminóide intercalada por pequenos arbustos; grande número de famílias e gêneros endêmicos e formas biológicas hemicriptófitas. São comuns as carquejas, canelas-de-ema, papilionáceas, a lichnophora (arnica de Ouro Preto). Os campos gramíneos são constituídos por gramíneas, ciperáceas, compostas, ericáceas e bromeliáceas; entre as espécies arbustivas as mais comuns são velozíneas como a canela-de-ema, as melatomatáceas e as compostas. Apresentam renovação de biomassa pelo fogo.
<i>reflorestamentos</i>	São encontrados em áreas isoladas, geralmente constituídos de eucaliptos.

Tabela 5. 4 - Classificação da cobertura vegetal e de uso do solo para o sítio urbano de Ouro Preto (Silva & Gontijo, 1995).

Tipo	Características
Remanescentes de vegetação	<i>floresta estacional semidecidual submontana, incluindo mata de candeias; savana gramíneo-lenhosa (campo cerrado); refúgio ecológico altimontano (campo rupestre)</i>
Áreas antrópicas	<i>ocupação urbana; minerações; pastagens artificiais; reflorestamentos</i>

Bonuccelli (*op. cit.*) afirma ainda que “dentro da área em estudo existem duas áreas de preservação permanente (ao norte a Cachoeira das Andorinhas com a nascente do Rio das Velhas, ao sul o Parque Estadual do Itacolomi, gerenciada pelo IEF - Instituto Estadual de Florestas)”. Ainda que “nas proximidades dos limites da área em estudo, na parte oeste, está localizada a Estação Ecológica do Tripuí, criada em 1978 para proteger o *peripatus accacioie* gerenciada pela FEAM”. Ela destaca “a presença do horto imperial localizado entre a Igreja

São Francisco de Paula e a Casa dos Contos, no centro da cidade; o Jardim Botânico próximo a captação de água do Passa Dez”, além de afirmar que “quintais e pomares também são constantes na paisagem urbana, salientando-se o pomar próximo a residência do artista plástico Carlos Scliar permeado por espécies nativas”.

5.1.6 – Hidrologia e Hidrogeologia

O município de Ouro Preto é formado por uma densa rede de drenagens, constituída por diversos rios, ribeirões e córregos, além de um grande número de nascentes e fontes naturais (Souza, 1996).

O Ribeirão do Funil, que corta praticamente todo o centro urbano da cidade de Ouro Preto e caracteriza-se por apresentar a constituição geológica formada por rochas metassedimentares e metavulcânicas, pertencentes aos Supergrupos Minas e Rio das Velhas.

Devido às características do meio rochoso (caráter metamórfico, grau de compactação e forte foliação) a ocorrência de águas subterrâneas, na região, fica praticamente restrita à ocorrência de cavidades provocadas por sistemas de fraturas.

Pode-se perceber, através da análise de fotografia aéreas, que a direção geral da rede de drenagem encontra-se no sentido N/S devido à distribuição das rochas e, principalmente, ao relevo bastante acidentado da região (Zenóbio, 2000).

Do ponto de vista da hidrogeologia, IGA (1995) afirma que na maior parte das áreas de encostas com altas declividades (e conseqüentemente de maior susceptibilidade à erosão), não ocorrem aquíferos, ou zonas saturadas, predominando o escoamento superficial e subsuperficial, exercendo forte influência nas direções preferenciais de fluxo em fraturas e outras discontinuidades das rochas.

Com isso, os riscos de escorregamentos, estão relacionados não somente a instabilidades provocadas pelo escoamento superficial concentrado, mas também, pela grande capacidade de retenção de água das formações superficiais, criando condições de pressões neutras com o encharcamento, após fortes chuvas, capazes de alterar o equilíbrio geotécnico existente.

5.1.7 – Geomorfologia

A área em estudo encontra-se situada na Serra de Ouro Preto, apresentando cotas que variam entre 1.070 e 1.420m. Dentre as principais características geomorfológicas encontradas na área, a que mais se destaca é a forma geomorfológica que ocorre nos itabiritos, denominada “hogback” (homoclinal), e que também pode ser encontrada em outras áreas do Quadrilátero Ferrífero. Quando encontrada em itabiritos menos resistentes podem ocorrer os denominados “hogbacks” de duas cristas.

Este tipo de feição é originado quando o itabirito é sotoposto por um quartzito resistente, ou separado por estreitas camadas de filito, formando, assim, uma crista mais alta de quartzito e outra mais baixa, que é constituída por itabiritos. Nos trechos onde o itabirito é erodido, a segunda crista reduz-se a uma série de contrafortes triangulares denominados de “*flatirons*”.

5.1.8 – Geologia

A estratigrafia local, inicialmente definida por Dorr (1969), sofreu algumas modificações (Marshak & Alkmim, 1989 *apud* Souza, 1996) onde foram definidas três unidade pertencente ao Pré-Cambriano, Embasamento (Arqueano), Supergrupos Rio das Velhas e Minas (Proterozóico Inferior) e uma quarta unidade do Terciário (Tabela 5.5).

5.1.9 – Material Inconsolidado

Bonuccelli (1999) apresenta com base na classificação de grau de alteração proposta pela ISRM (1983) onde materiais inconsolidados são aqueles com grau de alteração V ou A5 (rocha completamente alterada ou saprólitos) e VI ou A6 (solo residual), a localização e distribuição em área dos diferentes tipos de materiais encontrados na área urbana de Ouro. A autora apresenta na Tabela 5.6 as classes de material inconsolidado com suas respectivas descrições, para a área em estudo.

Tabela 5. 5- Coluna estratigráfica simplificada (Nalini Jr., 1993) para a área urbana de Ouro Preto.

SUPERGRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	PRINCIPAIS LITOLOGIAS
MINAS	Itacolomi		quartzitos, metaconglomerados, filitos
	Piracicaba	Sabará	clorita-xistos, filitos, metagrauvacas
		Barreiro	filitos e filitos grafitosos
		Tabões	quartzitos finos, algumas vezes friáveis
		Fecho do Funil	filitos dolomíticos, filitos, dolomitos impuros
		Cercadinho	quartzitos, filitos, quartzitos e filitos ferruginosos
	Itabira	Gandaré	dolomitos, itabiritos dolomíticos, filitos dolomíticos
		Cauê	itabiritos, itabiritos dolomíticos, filitos, horizontes manganíferos
	Caraça	Batatal	filitos sericíticos e filitos grafitosos
		Moeda	quartzitos sericíticos de granulometria fina a grossa, filitos arenosos
RIO DAS VELHAS	Nova Lima		quartzo-xistos, quartzo-filitos, quartzo-mica-xistos, metaconglomerados, formação ferrífera bandada

Tabela 5. 6 - Classes de material inconsolidado referentes encontradas na área de estudo (Bonuccelli, 1999).

TIPO	DESCRIÇÃO
I – 1	<i>ausência de material inconsolidado</i>
I – 2	<i>colúvio, < 2m, sobre rocha branda ou dura</i>
I – 3	<i>aterros não compactados, resíduos</i>
I – 5	<i>colúvios, residuais xistos/filitos, saprolitos xistos/filitos, 2 a 10 m</i>
I – 8	<i>colúvios, saprolitos xistos/filitos, < 2m</i>
I – 9	<i>residuais filitos/quartzitos, saprolitos filitos/quartzitos, 2 a 10 m</i>
I – 10	<i>colúvios, saprolitos filitos/quartzitos, 2 a 10 m</i>
I - 12	<i>canga e material laterítico, 2 a 10 m</i>

5.1.10 – Informações de Uso e Ocupação

O município de Ouro Preto caracteriza-se por apresentar ocupação urbana com diferentes densidades (baixa, média, alta), áreas ocupadas essencialmente por indústrias, áreas ocupadas essencialmente por atividades escolares, áreas de preservação ambiental, áreas de mineração ativa, áreas de mineração inativa e áreas vegetadas. Nas áreas vegetadas estão incluídos diferentes tipos de vegetação: desde áreas com vegetação rasteira até matas densas.

Bonuccelli (1999) apresenta (Tabela 5.7) uma comparação considerando cada um dos tipos de uso do solo em termos das percentagens relativas a ocupação em relação a área do município de Ouro Preto, onde pode ser observado o tipo de ocupação de maior área é a vegetação que representa mais de 50% da área total. Já os tipos: ocupação urbana com baixa, média e alta densidades, somados a ocupação industrial e escolar não chagam a 20% da área total.

Tabela 5. 7 - Percentagem em termos de área total para os diferentes tipos de uso do solo (Bonuccelli, 1999).

TIPO DE USO	ÁREA (%)
urbana com baixa densidade	0,99
urbana com alta densidade	11,88
urbana com média densidade	3,15
urbana alta com mineração inativa	1,48
mineração ativa	1,63
mineração inativa	2,56
preservação ambiental	20,81
disposição de resíduos	0,42
vegetação	55,38
ocupação industrial	0,71
ocupação escolar	0,98

5.2 Aplicação da Sistemática Proposta

O processo de Tomada de Decisão para áreas sujeitas a movimentos de massa gravitacionais pode envolver desde aspectos ambientais e construtivos até aspectos sociais e econômicos.

O presente trabalho envolve a avaliação e análise de atributos quantitativos e qualitativos do meio físico e antrópico caracterizado pela transformação (dos atributos qualitativos) em atributos quantitativos através da valoração (transformação em pesos) considerando as relações de preferência/importância dos mesmos entre si e com relação ao objetivo proposto (ocorrência de movimentos de massa gravitacionais – escorregamentos).

5.2.1 – Área mínima para tomada de decisão

A seleção do tipo grid com 50m de lado para a caracterização da área mínima deveu-se à necessidade de determinar uma área com dimensões adequadas à Tomada de Decisão, considerando as seis soluções propostas.

Uma vez que, ao se trabalhar com bacias ou encostas, obtêm-se uma área mínima muito variável, concluiu-se que algumas áreas poderiam vir a ser sub ou superestimadas, considerando que a decisão selecionada viria a ser aplicada em toda a sua extensão.

Portanto, ao selecionar o tipo de área mínima, considerou-se:

- a) densidade de dados: este item está diretamente ligado à escala de trabalho selecionada (1:2.000) e aos dados disponíveis;
- b) tipos de Tomada de Decisão: considerou-se que a T. D. seria efetivada para a área como um todo, sem subdivisões, portanto, esta deveria possuir dimensões que não resultassem em sub ou superestimação de determinadas porções da área mínima, ou caso positivo, que estas fossem não significativas;
- c) extensão da área: ao se identificar a necessidade de restringir as dimensões da área mínima, considerou-se que a extensão de 50m seria adequada para o meio urbano em Ouro Preto, uma vez que o local selecionado para aplicação da metodologia apresenta tanto porções densamente ocupadas como porções sem ocupação humana. Ao selecionar a dimensão de 50m, levou-se em consideração que a Tomada de Decisão deveria abranger a área de 2.500m^2 .

5.2.2 – Escala

Considerando-se que são características da área selecionada para aplicação da metodologia:

- a) perfaz aproximadamente $2.000.000\text{m}^2$ (1.800m X 1.200m);

- b) possui uma vasta gama de dados;
- c) o objetivo da aplicação da metodologia é tanto definir ações de mitigação para as áreas ocupadas quanto disciplinar a ocupação das áreas não ocupadas;
- d) os dados encontram-se disponibilizados nas escalas 1:5.000 e 1:10.000;
- e) necessidade de selecionar uma escala adequada ao tratamento e análise dos dados

Foi selecionada, portanto, a escala 1:2.000 como a escala de trabalho adequada, uma vez que:

- a) foi selecionada uma área mínima do tipo grid com 50m de lado que possibilita trabalhar com escalas maiores do que 1:10.000;
- b) de acordo com a Tabela 5.8, ao se trabalhar com escalas menores do que 1:2.000 tem um problema para a representação dos dados;
- c) considerando as dimensões da área em estudo e as dimensões dos formatos de papel normalizados (Tabela 5.9), verificou-se que ao se optar por escalas maiores do que 1:2.000 seria necessária a utilização de mais de um formato do tipo A0, o que certamente iria trazer morosidade à análise;

Tabela 5. 8 - Dimensões do Grid, em centímetros, de acordo com as escalas de trabalho.

ESCALA	REPRESENTAÇÃO
1: 10.000	0,5 cm
1: 5.000	1,0 cm
1: 2.000	2,5 cm
1: 1.000	5,0 cm

Tabela 5. 9 - Formatos de papel conforme norma da ABNT.

FORMATO	DIMENSÕES (cm)
A0	84,1 x 118,9
A1	59,4 x 84,1
A2	42,0 x 59,4
A3	29,7 x 42,0

- d) estudos em detalhe relacionados a movimentos de massa gravitacionais exigem representação em escalas maiores do que 1:10.000, uma vez que suas dimensões variam entre poucos metros até poucas centenas de metros (quando muito extensos).

5.2.3 – Estágio atual das informações:

Para o estudo em questão, foram obtidas informações de trabalhos científicos de graduação e pós-graduação, além de dados de empresas públicas como CEMIG (ortofotos e fotografias aéreas), Prefeitura (uso e ocupação), dentre outras para a representação dos componentes do meio físico como: topografia, solos, rochas, drenagem, etc.

Considerando que a maior parte dos dados obtidos encontra-se nas escalas 1:5.000 e 1:10.000, existe uma coerência entre os dados obtidos e a escala selecionada para sua representação (Zuquette, 1993), mas deve-se atentar para a necessidade de adaptações/atualizações, uma vez que a escala selecionada para o trabalho (1:2.000) é maior do que aquelas em que os dados encontram-se disponíveis. Portanto há necessidade de obtenção de alguns dados como, ocupação atual, vegetação, inventário dos eventos, dentre outros, uma vez que a validade temporal destes componentes é bastante restrita.

Foram consideradas as informações procedentes dos trabalhos de Souza (1996), Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000) por serem consideradas atuais, encontrarem-se em escala adequada e necessitarem de atualização apenas dos dados vs. curta validade temporal.

As demais informações obtidas através destes trabalhos apresentaram os componentes necessários à análise dos movimentos de massa gravitacionais e sua validade amostral mostrou-se coerente com a frequência requerida para a escala 1:2.000 (considerando que os dados obtidos encontram-se nas escalas 1:5.000 e 1:10.000).

5.2.4 – Tipo e conjunto de informações:

As informações foram obtidas dos trabalhos de Souza (1996), Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000), selecionadas de mapas, cartas e dados tabulados que, após algumas transformações, foram representadas por codificação específica. No total foram considerados 24 atributos que se encontram representados junto dos mapas e cartas que deram origem, representados na forma de cartogramas nos anexos 1 a 36.

Na Tabela 5.10 podem ser observados os tipos de componentes selecionados, associados aos Atributos e suas respectivas classes. Foram selecionados sete tipos de Componentes (Relevo1, Relevo2, Material Inconsolidado, Uso do Solo, Vegetação, Litologia e Feições de Movimentos de Massa Gravitacionais) agrupados conforme as características físicas apresentadas pelos atributos. É importante atentar para o fato de que todos o atributos foram analisados considerando o “grid” de dimensões 50 x 50m, conforme descrito no capítulo de metodologia e no item 5.2.1. Os atributos considerados neste trabalho para avaliação dos movimentos de massa gravitacionais foram considerados a partir de checklist

apresentados no capítulo 4 e por estarem diretamente relacionados a instabilidades de encostas.

Tabela 5. 10 - Tipos de componentes e seus respectivos atributos e classes.

TIPO	ATRIBUTOS / CLASSES
LITOLOGIA	A - QUANTO AO TIPO PREDOMINANTE (anexo 21) 1 - XISTO 2 - QUARTZITO 3 - ITABIRITO 4 - FILITO B - COMPOSIÇÃO DOS TIPOS (anexo 22) 1 - QUARTZITO/XISTO 2 - QUARTZITO/ITABIRITO 3 - QUARTZITO/XISTO/ITABIRITO 4 - FILITO/QUARTZITO/ITABIRITO C - CARACTERÍSTICAS DE RELAÇÃO (anexo 23) 1 - INTERCALADOS 2 - ASSOCIADOS 3 - LENTES OU PRESENÇA D - QUANTO A RESISTÊNCIA (anexo 24) 1 - BRANDA 2 - DURA 3 - INTERCALADA/ASSOCIADA 4 - FRIÁVEL
MATERIAL INCONSOLIDADO	A - QUANTO AO TIPO (anexo 26) 1 - COLÚVIO/TALUS 2 - RESIDUAL MADURO ARENOSO 3 - RESIDUAL MADURO SILTO/ARGILOSO 4 - RESIDUAL JOVEM ARENOSO 5 - RESIDUAL JOVEM SILTO/ARGILOSO 6 - SAPRÓLITO ARENOSO 7 - SAPRÓLITO SILTO/ARGILOSO 8 - ATERROS 9 - AUSÊNCIA B - QUANTO AO GRAU DE ALTERAÇÃO (anexo 27) 1 - A5 (ISRM) - SOLOS SAPROLÍTICOS 2 - A6 (ISRM) - SOLOS RESIDUAIS 3 - COLÚVIOS 4 - ATERROS NÃO COMPACTADOS 5 - DEPÓSITOS DE REJEITOS E RESÍDUOS 6 - ALUVIÕES 7 - AUSÊNCIA C - QUANTO A ESPESSURA (anexo 28) 1 - < 2 m 2 - 2 a 10 m 3 - > 10 m 4 - AUSÊNCIA D - QUANTO A DESCONTINUIDADE MAIS PROVÁVEL P/ RUPTURA (anexo 29) 1 - MATERIAL INCONSOLIDADO/ROCHA 2 - MATERIAL INCONSOLIDADO RESIDUAL SOBRE SAPRÓLITO 3 - FRATURAS, JUNTAS, OUTRAS DESC. TECTÔNICAS 4 - CONTATOS LITOLÓGICOS 5 - OUTROS 6 - AUSÊNCIA

TIPO	ATRIBUTOS / CLASSES
RELEVO 1	A - QUANTO A DECLIVIDADE (anexo 4) 1 - < 10% 2 - 10 a 30% 3 - 30 a 45% 4 - 45 a 70% 5 - 70 a 100% 6 - > 100%
	B - QUANTO AMPLITUDE DE RELEVO (anexo 5) 1 - < 10 m 2 - 10 a 20 m 3 - 20 a 35 m 4 - 35 a 50 m 5 - > 50 m
	C - QUANTO AO COMPRIMENTO DA ENCOSTA (anexo 6) 1 - < 20 m 2 - 20 a 35 m 3 - 35 a 70 m 4 - > 70 m
RELEVO 2	A - QUANTO A CURVATURA (V/H) (anexo 7) 1 - LINEAR/CÔNCAVA 2 - CONVEXA/CÔNCAVA 3 - CÔNCAVA/CÔNCAVA 4 - LINEAR/CONVEXA 5 - CONVEXA/CONVEXA 6 - CÔNCAVA/CONVEXA 7 - LINEAR/LINEAR 8 - CONVEXA/LINEAR 9 - CÔNCAVA/LINEAR
	B - QUANTO TRAJETÓRIA (anexo 8) 1 - CONTRIBUIÇÃO DE UMA CELA 2 - CONTRIBUIÇÃO DE DUAS CELAS 3 - CONTRIBUIÇÃO DE TRÊS CELAS 4 - CONTRIBUIÇÃO DE QUATRO CELAS 5 - CONTRIBUIÇÃO DE MAIS DE QUATRO CELAS
	C - QUANTO AO NÚMERO DE SUPERFÍCIES (anexo 9) 1 - UMA 2 - DUAS 3 - TRÊS 4 - QUATRO OU MAIS
VEGETAÇÃO	D - QUANTO A POSIÇÃO NA ENCOSTA (anexo 10) 1 - TERÇO SUPERIOR 2 - TERÇO MÉDIO 3 - TERÇO INFERIOR
	A - QUANTO AO TIPO (anexo 35) 1 - CAMPO CERRADO 2 - CERRADO COM ROCHAS 3 - QUINTAIS E POMARES 4 - MATA
	B - QUANTO A ÁREA/DENSIDADE (anexo 36) 1 - < 5% 2 - 5 a 20% 3 - 20 a 70% 4 - > 70%

TIPO	ATRIBUTOS / CLASSES
USO DO SOLO	A – QUANTO AO TIPO DE OCUPAÇÃO (anexo 31) 1 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO, ETC.) 2 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, PRIVADAS OU PÚBLICAS DE USO CONTÍNUO OU ESPORÁDICO, INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO ETC.) 3 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS E INDUSTRIAIS 4 – ÁREAS ABERTAS (PRAÇAS, PARQUES ESPORTIVOS, QUADRAS, ETC.) 5 – AGROPECUÁRIA 6 – SEM USO (SEM CONSTRUÇÃO) B – QUANTO A ÁREA OCUPADA (anexo 32) 1 – < 5% 2 – 5 a 20% 3 – 20 a 50% 4 – 50 a 90% 5 – > 90% C – QUANTO AO NÚMERO DE TALUDES ARTIFICIAIS (anexo 33) 1 – MENOS DO QUE 2 2 – DOIS A CINCO 3 – CINCO A DEZ 4 – MAIS DO QUE 10
FEIÇÕES DE MOVIMENTO DE MASSA GRAVITACIONAL	A – QUANTO AO NÚMERO DE FEIÇÕES (anexo 13) 1 – NENHUMA 2 – UMA 3 – DUAS 4 – MAIS DO QUE DUAS B – TIPOS DE FEIÇÕES (anexo 14) 1 – NENHUMA 2 – ESCORREGAMENTO T. ROCHA 3 – ESCORREGAMENTO T. SOLO 4 – MOVIMENTO COMPLEXO 5 – EROSÃO 6 – EROSÃO INTERNA 7 – ATERRO 8 – BOTA FORA 9 – QUEDA DE BLOCO C – ÁREA TOTAL (anexo 15) 1 – AUSÊNCIA 2 – < 25% 3 – 25 a 50% 4 – 50 a 75% 5 – 75 a 100% D – QUANTO A ATIVIDADE (anexo 16) 1 – AUSÊNCIA 2 – ATIVO 3 – DORMENTE 4 – ESTABILIZADO

5.2.4.1 – Geomorfologia:

As informações relacionadas a geomorfologia da região, que após sofrerem algum tipo de transformação/manipulação foram utilizadas neste trabalho são apresentadas nas Tabelas 5.11, 5.12 e 5.13 e descritas a seguir.

- a Carta de Declividade: obtidas a partir de documentação gráfica nas escalas 1:5000 (Zenóbio, 2000) e 1:10.000 (Bonuccelli, 1999) apresentando as características descritas na Tabela 5.11

- b Rumo da maior declividade das encostas: foram obtidas informações gráficas nas escalas 1:5000 (Zenóbio, 2000) e 1:10.000 (Bonuccelli, 1999) e tabulares de (Bonuccelli, *op. cit.*), descritas na Tabela 5.12.

Tabela 5. 11 - Informações sobre relevo, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

AUTOR	CARACTERÍSTICAS
Bonuccelli (1999)	Apresenta as seguintes classes de declividade em termos percentuais: <5; 5-10; 10-20; 20-30; 30-45; 45-75; 75-100; >100%
Zenóbio (2000)	Divisão da área em encostas através de bulbos de influência das declividades e inclusão de valores de direção e inclinação das encostas

Tabela 5. 12 - Informações sobre relevo, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

AUTOR	CARACTERÍSTICAS
Bonuccelli (1999)	Foi considerado o rumo de 0° a 360°, subdivididos de 15 em 15°, com posterior reclassificação de 90 em 90°
Zenóbio (2000)	Divisão da área em encostas através de bulbos de influência das declividades e inclusão de valores de direção e inclinação das encostas (<i>idem declividade</i>).

- c Topografia: Em (Zenóbio, 2000) em escala 1:2.000 e (Bonuccelli, 1999) em 1:10.000, constam os documentos cartográficos descritos na Tabela 5.13.

Tabela 5. 13 - Informações sobre relevo, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

AUTOR	CARACTERÍSTICAS
Bonuccelli (1999)	Apresentou o mapa contendo as curvas de nível com frequência de 10m na escala 1:10.000;
Zenóbio (2000)	Apresentou o mapa com altitude limite superior de 1438m e inferior de 1066m, na escala 1:2.000 com frequência de 10m para as inteiras e 2m para as curvas intermediárias;

A partir da manipulação dos dados disponíveis, obteve-se um grupo de atributos que será utilizado na análise dos movimentos de massa gravitacionais e que foram agrupados como Relevo1 abrangendo os atributos: declividade, amplitude de relevo e comprimento da encosta; e em Relevo2 abrangendo os atributos; curvatura da encosta, trajetória (ou número de celas que contribuem com o escoamento superficial para uma determinada cela), número de superfícies (ou de taludes naturais) e posição da porção do talude referente à cela, na encosta.

Será descritas, a seguir, a forma de obtenção e a importância frente a instabilidade de encostas e mecanismos de cada um dos atributos referentes aos componentes:

Relevo 1

A – Quanto a declividade: foi obtida a partir do mapa topográfico utilizado por de Zenóbio (2000) – Anexo 1 – e foram consideradas seis classes de declividade: < 10%; 10 a 30%; 30 a 45%; 45 a 70%; 70 a 100% e >100% (Tabela 5.14).

Considerando-se que a área de estudo encontra-se em meio urbano, procurou-se manter algumas características relacionadas a Lei de Uso e Ocupação do Solo (Lei 6.766) que define que as declividades entre 30 e 45% necessitam de laudos técnicos para trabalhos de subdivisão de glebas e que áreas que apresentam declividades acima de 45% não devem sofrer ocupação, o que justifica as classes 3 e 4. A definição das demais classes (1, 2, 5 e 6) deveu-se, principalmente, à necessidade de diferenciar aquelas declividades onde as relações escoamento superficial vs. infiltração vs. diminuição da relação de forças apresentasse alguma significância.

Nas classes 1 e 2, a maior influência em termos de instabilização encontra-se no fato de que a menor declividade permite maior infiltração de água, possibilitando que o solo (material inconsolidado) se torne saturado e nas classes 5 e 6, o fator que contribui para a instabilidade do maciço é a maior inclinação do talude o que gera um aumento das componentes tangencial e normal, na relação de forças.

O resultado referente a manipulação dos referentes a declividade pode ser observado no Anexo 4.

Tabela 5. 14 - Classes e Atributos referentes ao Componente Relevo1, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

TIPO	CLASSES / ATRIBUTOS
Relevo 1	A – QUANTO A DECLIVIDADE
	1 – < 10%
	2 – 10 a 30%
	3 – 30 a 45%
	4 – 45 a 70%
	5 – 70 a 100%
	6 – > 100%
	B – QUANTO AMPLITUDE DE RELEVO
	1 – < 10 m
	2 – 10 a 20 m
	3 – 20 a 35 m
	4 – 35 a 50 m
	5 – > 50 m
	C – QUANTO AO COMPRIMENTO DA ENCOSTA
	1 – < 20 m
	2 – 20 a 35 m
	3 – 35 a 70 m
	4 – > 70m

B – Quanto a amplitude de relevo: este atributo se refere à diferença entre a maior e a menor cota, obtida dentro de cada uma das celas e está diretamente ligada a velocidade de escoamento superficial.

Foram consideradas cinco classes neste atributo, quais são: < 10m; 10 a 20m; 20 a 35m; 35 a 50m e > 50m, conforme pode ser observado na Tabela 5.14.

O documento referente a este atributo pode ser observado no Anexo 5 onde se pode perceber que a grande maioria das amplitudes está relacionada à classe 3 (20 a 30m). As amplitudes relacionadas à classe 4 são as que apresentam menor frequência, mas são significativas, ao contrário daquelas que se encontram na classe 5 (> 50m) que apresentam somente em 10 celas.

C – Quanto ao comprimento da encosta: o presente atributo foi obtido a partir do mapa topográfico de Zenóbio (2000) – Anexo11 – e está diretamente relacionado ao volume de água que poderá infiltrar no maciço. Este atributo foi considerado como o comprimento de cada encosta dentro de cada uma das celas e seu resultado pode ser observado no Anexo 6, de acordo com as 4 classes selecionadas (Tabela 5.14).

Pode-se observar que a classe 4 (>70m) apresenta uma frequência de 81 celas, o que representa 11% da área total, indicando que aproximadamente 1/10 das encostas encontra-se na direção paralela a diagonal das celas. O restante da área (89%) apresenta uma distribuição aproximadamente proporcional entre as classes 1,2 e 3 (~ 30%), individualizadas ou combinadas .

Relevo 2

A – Quanto a curvatura: este atributo é caracterizado pelo direcionamento do fluxo da água, ou seja, quanto mais côncava for a encosta (em termos longitudinal e transversal), maior será a concentração do fluxo de água superficial e subsuperficial.

Foram obtidas nove classes (Tabela 5.15), uma vez que foi considerada a definição de côncavo, convexo ou linear para a combinação dos os perfis longitudinal e transversal.

Os dados foram obtidos do mapa topográfico de Zenóbio (2000) que pode ser observado no Anexo 1 e o resultado encontra-se no Anexo 7.

B – Quanto a trajetória: baseado no mapa topográfico de Zenóbio (2000) apresentado no Anexo 1, apresenta o número de celas que contribuem com o escoamento superficial de uma determinada dela e está ligado a possibilidade de infiltração de água no maciço (quanto

maior o número de celas que contribuem , maior será o volume de água para a cela considerada.

Este atributo está subdividido em cinco classes (Tabela 5.15) que variam entre: contribuição de 1 cela (menor possível) a contribuição de mais de quatro celas (fluxo altamente concentrado). As demais classes são intermediárias entre fluxo concentrado e fluxo disperso, sendo que a maioria recebe a contribuição de 3 celas vizinhas (Anexo 8).

Tabela 5. 15 - Classes e Atributos referentes ao Componente Relevo2, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

TIPO	CLASSES / ATRIBUTOS
Relevo 2	A - QUANTO A CURVATURA (V/H)
	1 - LINEAR/CÔNCAVA
	2 - CONVEXA/CÔNCAVA
	3 - CÔNCAVA/CÔNCAVA
	4 - LINEAR/CONVEXA
	5 - CONVEXA/CONVEXA
	6 - CÔNCAVA/CONVEXA
	7 - LINEAR/LINEAR
	8 - CONVEXA/LINEAR
	9 - CÔNCAVA/LINEAR
	B - QUANTO TRAJETÓRIA
	1 - CONTRIBUIÇÃO DE UMA CELA
	2 - CONTRIBUIÇÃO DE DUAS CELAS
	3 - CONTRIBUIÇÃO DE TRÊS CELAS
	4 - CONTRIBUIÇÃO DE QUATRO CELAS
	5 - CONTRIBUIÇÃO DE MAIS DE QUATRO CELAS
	C - QUANTO AO NÚMERO DE SUPERFÍCIES
	1 - UMA
	2 - DUAS
	3 - TRÊS
	4 - QUATRO OU MAIS
	D - QUANTO A POSIÇÃO NA ENCOSTA
	1 - TERÇO SUPERIOR
	2 - TERÇO MÉDIO
	3 - TERÇO INFERIOR

C – Quanto ao número de superfícies: obtido a partir dos mapas topográfico e de drenagens (Anexos 1 e 17) de Zenóbio (2000).

Para a análise do presente atributo considerou-se que quanto maior o número de superfícies dentro de uma cela, maior seria a possibilidade de ocorrer a instabilização do maciço. Para tanto, foram consideradas quatro classes: uma, duas, três e quatro ou mais superfícies (Tabela 5.15).

Pode-se observar, a partir de uma análise do Anexo 9, que a maioria das celas está classificada como classe 2 ou 3 (aproximadamente 70 % do total) o que significa que a maior parte da área analisada possui, pelo menos, duas superfícies.

D – Quanto a posição na encosta: o presente atributo foi obtido a partir do mapa topográfico (Anexo 1) de Zenóbio (2002), e reflete a possibilidade de concentração do

escoamento da água superficial e subsuperficial (terço médio da encosta) ou sua dispersão (terço inferior da encosta), contribuindo para a saturação e conseqüente instabilização do maciço (terço médio do talude).

Para a classificação das celas, foram consideradas três possibilidades (classes): terço superior, terço médio ou terço inferior e sua distribuição pode ser observada no Anexo 10.

5.2.4.2 – Inventário das feições dos movimentos de massa gravitacionais:

As informações sobre as feições de Movimentos de Massa Gravitacionais encontram-se em Zenóbio, (2000) escala 1:5.000 e Bonuccelli, (1999); escala 1:10.000 conforme apresentados nos Anexos 11 e 12 e descritos na Tabela 5.16.

Tabela 5. 16 - Informações sobre inventário das feições dos movimentos de massa gravitacionais, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

AUTOR	CLASSES	ATRIBUTOS
Bonuccelli (1999)	Tipo	Escorregamento, escorregamento translacional, queda e rolamento de blocos, escoamento rápido ou corridas, erosões, erosão de grandes dimensões, inundação e assoreamento, complexo, escorregamento e corrida, escorregamento e erosão, escorregamento translacional e corrida, corridas e rolamento de blocos, inundação e erosão fluvial
	Profundidade	Até 2m; de 2m a 10m; acima de 10m
	Atividade	Ativa; inativa/dormente; estabilizada
	Área atingida	Até 100m ² ; 100-500m ² ; 500-1000m ² ; 1000-2000m ² ; 2000-5000m ² ; 5000-10000m ² ; acima de 10000m ²
Zenóbio (2000)	Tipo	Escorregamento translacional de rochas; escorregamento translacional de solos; movimentos complexos; blocos rochosos, erosões; erosões internas; aterro; área de bota - fora.

A partir dos dados existentes obteve-se o seguinte grupo de atributos: número de feições registradas por cela, tipos de feições registradas por cela, área total do evento com relação à área da cela e qual a classificação de atividade para a feição do movimento de massa gravitacional registrado na cela (Tabela 5.17), conforme descrição a seguir:

Feições de Movimento de Massa Gravitacional

A – Quanto ao número de feições: a presença de feições em uma determinada cela pode indicar que ela já reúne todas as características necessárias para que ocorram movimentos de massa gravitacionais (uma vez que foi identificada a ocorrência de eventos no passado) e, portanto, quanto maior o número de feições que uma área apresenta, maior a possibilidade desta se tornar, novamente, instável.

Os dados foram obtidos de Zenóbio (2000) e Bonuccelli (1999), e encontram-se representados nos Anexos 11 e 12.

Foram consideradas 4 classes (Tabela 5.17), onde as celas apresentam: nenhuma feição, uma, duas ou mais do que duas feições.

Pode-se observar, a partir da análise do Anexo 13, que aproximadamente 25% das celas apresenta, pelo menos, um tipo de feição de movimento de massa gravitacional (o que representa 1/4 da área total) e que 72% da área não apresenta qualquer tipo de feição.

B – Quanto aos tipos de feições: considerando o atributo "número de feições", verificou-se a necessidade de identificar quais os tipos de feições de movimento de massa gravitacional e os materiais envolvidos que ocorrem na área, portanto, foram considerados oito tipos de feições: escorregamento translacional em rocha, escorregamento translacional em solo, movimentos complexos, erosão, erosão interna, aterro, bota-fora e queda de bloco. Foi considerado, para a classificação da cela, a inexistência de feição (Tabela 5.17) .

Os dados foram obtidos de Zenóbio (2000) e Bonuccelli (1999) e encontram-se representados nos Anexos 11 e 12.

Pode-se observar, a partir da análise do Anexo 14, que aproximadamente 50% das feições existentes são escorregamentos translacionais em solo e os escorregamentos translacionais em rocha somam 18%. O segundo maior tipo de feição em termos quantitativos é representado pela queda de blocos que representa aproximadamente 25% das feições identificadas. As feições referentes a movimentos complexos e erosão somam, respectivamente, 3 e 4% do total das feições identificadas.

C – Quanto a área ocupada pelas feições: para análise deste atributo, foi considerada a área que cada feição ocupa em uma determinada cela. Verificou-se que algumas feições ultrapassam a área de uma cela, chegando, por vezes a ocupar mais do que duas celas, o que não foi considerado uma vez que para qualquer tipo de análise dos atributos, considerou-se sempre a área mínima anteriormente definida. Portanto, foram consideradas quatro classes de ocupação, além daquela que identifica a ausência de feições (como constatado no atributo no de feições, perfaz aproximadamente 72% da área total avaliada): até 25% da cela, de 25 a 50% da cela, de 50 a 75% da cela e de 75 a 100% da cela (Tabela 5.17) .

Os dados foram obtidos de Zenóbio (2000) e Bonuccelli (1999) e encontram-se representados nos Anexos 11 e 12.

Pode-se observar, a partir da análise do Anexo 15, que aproximadamente 83% das feições existentes ocupam até 25% da cela e 10% entre 25 e 50% da cela.

D – Quanto a atividade: este atributo refere-se ao estágio atual da feição em relação a dinâmica, e para sua análise foram considerado os dados obtidos de Zenóbio (2000) e Bonuccelli (1999) que encontram-se representados nos Anexos 11 e 12.

Para análise deste atributo, foram definidas três classes de atividade, nas quais cada evento deve ser classificado: ativo, dormente e estabilizado.

Pode-se observar, no Anexo 16, que as celas apresentam aproximadamente, a mesma percentagem de classificação dos eventos, ou seja, ~48% das celas que apresentam eventos está classificada como ativo e ~43%, classificada como dormente (Tabela 5.17).

Tabela 5. 17 - Classes e Atributos referentes ao Componente Feições dos Movimentos de Massa Gravitacionais, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

TIPO	CLASSES / ATRIBUTOS
FEIÇÕES DE MOVIMENTO DE MASSA GRAVITACIONAL	A - QUANTO AO NÚMERO DE FEIÇÕES
	1 - NENHUMA
	2 - UMA
	3 - DUAS
	4 - MAIS DO QUE DUAS
	B - TIPOS DE FEIÇÕES
	1 - NENHUMA
	2 - ESCORREGAMENTO T. ROCHA
	3 - ESCORREGAMENTO T. SOLO
	4 - MOVIMENTO COMPLEXO
	5 - EROSÃO
	6 - EROSÃO INTERNA
	7 - ATERRO
	8 - BOTA FORA
	9 - QUEDA DE BLOCO
	C - ÁREA TOTAL
	1 - AUSÊNCIA
	2 - < 25%
	3 - 25 a 50%
	4 - 50 a 75%
	5 - 75 a 100%
	D - QUANTO A ATIVIDADE
	1 - AUSÊNCIA
	2 - ATIVO
	3 - DORMENTE
	4 - ESTABILIZADO

5.2.4.3 – Águas:

Foi obtido de documentos elaborados por Bonuccelli (1999) na escala 1:10.000:

- Mapa da rede de canais de drenagem (Anexo 18);
- Mapa de bacias/sub-bacias/encostas;
- Mapa de classes de drenagem apresentando a seguinte distribuição: 0 a 5km/km²; 5 a 10km/km²; acima de 10km/km²;

Zenóbio (2000) apresenta documentação cartográfica (Anexo 17) contendo a distribuição dos canais de drenagem sobrepostos às curvas de nível. No mesmo documento podem ser observadas as edificações (ocupação) e a distribuição das vias principais.

Esta documentação foi utilizada indiretamente na análise dos atributos Relevô 1 e Relevô2, no auxílio para definição das encostas.

5.2.4.4 – Substrato Rochoso:

A documentação cartográfica existente de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000) é apresentada nos Anexos 20 e 19, respectivamente.

Os documentos apresentados por Bonuccelli (1999) sofreram uma ampliação de escala para se adequarem àquela selecionada. Algumas unidades apresentadas na Tabela 5.18 não se encontram representadas no documento apresentado no presente trabalho, uma vez que a área de aplicação de Bonuccelli (1999) é maior do que aquela selecionada para aplicação neste trabalho.

A partir do tratamento dos dados disponíveis, obteve-se o seguinte grupo de atributos: tipo predominante, composição de tipos, características de relação e resistência do material (Tabela 5.19) que será utilizado na análise dos movimentos de massa gravitacionais, conforme descrição a seguir:

Litologia

A – Quanto ao tipo predominante: dependendo da composição mineralógica e do seu embaciamento, a litologia pode apresentar maior ou menor contribuição à instabilização do maciço. Apesar da litologia ser um dos parâmetros que mais influencia na instabilidade dos maciços, os movimentos de massa gravitacionais aqui tratados, em geral ocorrem nas camadas mais superficiais, predominantemente constituída por material inconsolidado.

Portanto, foram selecionados quatro atributos considerados mais importantes que caracterizam o comportamento do maciço rochoso: tipo litológico predominante, composição de todos os tipos, relações entre os tipos litológicos e as características de resistência entre eles. Os dados foram obtidos de Bonuccelli (1999) e encontram-se representados no Anexo 20.

Pode-se observar, no Anexo 21, a distribuição dos tipos litológicos predominantes em cada cela, onde é apresentada uma distribuição equilibrada dos tipos: xisto, quartzito e itabirito e somente algumas celas apresentando filito.

B – Quanto a composição dos tipos: obtido a partir do mapa de litologias de Bonuccelli (1999), apresentado no Anexo 20, foram separados em quatro classes, conforme a combinação dos tipos litológicos existente na área.

A diferença entre os tipos litológicos pode apresentar uma região onde poderá vir a ocorrer a instabilidade do maciço devido a presença de planos/descontinuidades.

Pode-se observar, no Anexo 22, a distribuição proporcional entre as classes: quartzito/xisto; quartzito/itabirito e quartzito/xisto/itabirito. Já a classe filito/quartzito/itabirito na atinge nem 10% do total das celas.

Tabela 5. 18 - Informações sobre litologia, obtidas dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

AUTOR	CARACTERÍSTICAS
Bonuccelli (1999)	Apresenta mapa de tipos litológicos subdivididos em 21 litologias principais: r1: xistos sericíticos e quartzosos brandos; r2: xistos sericíticos e quartzosos duros; r3: filitos e xistos brandos associados a xistos duros; r3D: xistos duros; r4: quartzitos e quartzitos sericíticos duros; r5: quartzitos e quartzo-sericita-xistos, brandos e duros intercalados; r6: quartzitos silicosos duros, quartzitos micáceos brandos, xistos sericíticos brandos, ora intercalados ora associados; r7: itabiritos intensamente alterados para canga e materiais lateríticos; r8: itabiritos e itabiritos dolomíticos duros e brandos intercalados; presença de canga e materiais lateríticos associados; r9: dolomitos e itabiritos dolomíticos duros ora intercalados e ora associados com filitos e itabiritos dolomíticos brandos; r10: filitos brandos intercalados a quartzitos brandos; presença em associações de quartzitos duros intercalados com filitos sericíticos brandos; r11: quartzitos e filitos duros; r12: quartzitos friáveis e filitos grafitosos brandos intercalados; quartzitos brandos e duros intercalados com filitos sericíticos brandos. Níveis ferruginosos e manganésíferos; r13: quartzitos e filitos ferruginosos, brandos, intercalados; r14: filitos e xistos brandos, intercalados com filitos grafitosos; r15: filitos e xistos brandos associados a filitos e xistos duros; r16: filitos, xistos e quartzitos brandos,, ferruginosos e manganésíferos; r17: filitos grafitosos/sericíticos e quartzitos brandos; r18: filitos e xistos duros; r19: quartzitos duros; r20: quartzitos brandos, friáveis
Zenóbio (2000)	Tipos litológicos distribuídos de acordo com a coluna apresentada por Nalini Jr. (1993), apresentando os seguintes tipos litológicos: quartzitos, metaconglomerados, filitos clorita-xistos, filitos, metagrauvas filitos e filitos grafitosos quartzitos finos, algumas vezes friáveis filitos dolomíticos, filitos, dolomitos impuros quartzitos, filitos, quartzitos e filitos ferruginosos dolomitos, itabiritos dolomíticos, filitos dolomíticos itabiritos, itabiritos dolomíticos, filitos, horizontes manganésíferos filitos sericíticos e filitos grafitosos quartzitos sericíticos de granulometria fina a grossa, filitos arenosos quartzo-xistos, quartzo-filitos, quartzo-mica-xistos, metaconglomerados, formação ferrífera bandada
	Características estruturais: contato definido contato inferido lineamento foliação fratura

C – Quanto as características de relação: obtido a partir do mapa de litologias de Bonuccelli (1999), apresentado no Anexo 20, foram selecionadas três classes que apresentam diferentes características de relação entre os tipos litológicos: intercalados, ,associados, lentes ou presença (Tabela 5.19)

Considerando que o contato entre os diferentes tipos litológicos pode criar uma zona de fraqueza (descontinuidades), a possibilidade de ocorrerem instabilidades nestas condições é maior.

No Anexo 23 pode ser observada a distribuição das características de relação entre os tipo litológicos onde se verifica que aproximadamente 50% das relações encontra-se na classe “intercalados e associados”.

Tabela 5. 19 - Classes e Atributos referentes ao Componente Litologia, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

TIPO	CLASSES / ATRIBUTOS
LITOLOGIA	A - QUANTO AO TIPO PREDOMINANTE
	1 - XISTO
	2 - QUARTZITO
	3 - ITABIRITO
	4 - FILITO
	B - COMPOSIÇÃO DOS TIPOS
	1 - QUARTZITO/XISTO
	2 - QUARTIZITO/ITABIRITO
	3 - QUARTZITO/XISTO/ITABIRITO
	4 - FILITO/QUARTZITO/ITABIRITO
	C - CARACTERÍSTICAS DE RELAÇÃO
	1 - INTERCALADOS
	2 - ASSOCIADOS
	3 - LENTES OU PRESENÇA
	D - QUANTO A RESISTÊNCIA
	1 - BRANDA
	2 - DURA
	3 - INTERCALADA/ASSOCIADA
	4 - FRIÁVEL

D – Quanto a resistência: considerando que cada tipo litológico possui uma característica de resistência, e que o local selecionado para estudo apresenta vários tipos e que, além disso, ,a presença de material com caracte rísticas de baixa resistência entre outros que apresentam alta resistência, pode criar uma condição favorável a instabilidade. Foram consideradas (Anexo 24) quatro classes de resistência da litologia: branda, dura, intercalada/associada e friável.

É interessante notar que mais do que 50% das celas apresenta uma composição (intercalada/associada) e que menos do 10% das celas apresenta a característica de maior resistência (dura) e que esta encontra-se restrita a duas porções do terreno.

A obtenção do atributo de resistência foi feita a partir do mapa de litologias de Bonuccelli (1999), apresentado no Anexo 20.

5.2.4.5 – Material Inconsolidado:

As informações foram obtidas de Bonuccelli (1999) a partir do mapa de material inconsolidado (Anexo 25) apresentando descrição, profundidade e relação de contatos dos 19 tipos principais de material inconsolidado (Tabela 5.20) que será utilizado na análise dos movimentos de massa gravitacionais, conforme descrição a seguir.

Tabela 5. 20 - Informações sobre material inconsolidado, obtidas do trabalho de Bonuccelli (1999).

TIPO	DESCRIÇÃO
Bonuccelli (1999)	i1: ausência de material inconsolidado; i2: colúvio, < 2m, sobre rocha branda ou dura; i2A: colúvio, < 0,5m, sobre rocha branda; i2B: colúvio, < 2m associado a blocos de rocha ou canga; i3: aterros não compactados, resíduos; i4: aluvião; i5: colúvios, residuais xistos/filitos, saprólitos xistos/filitos, 2 a 10m; i6: colúvios, residuais xistos/filitos, saprólitos xistos/filitos, 2 a 10m, presença de material laterítico; i7: colúvios, saprólitos xistos/filitos, 2 a 10m; i8: colúvios, saprólitos xistos/filitos, < 2m; i8B: colúvios e saprólitos < 2m, associados a blocos de rocha; i9: residuais filitos/quartzitos, saprólitos filitos/quartzitos, 2 a 10m; i10: colúvios, saprólitos filitos/quartzitos, 2 a 10m; i11: colúvios, saprólitos de quartzitos, 2 a 10m; i12: canga e material laterítico, 2 a 10m; i12A: concreções e material laterítico poroso, 2 a 10m; i13: endurecido, saprólito quartzitos/xistos ferruginosos friáveis, 2 a 10m; i14: residuais e saprólitos de quartzitos/filitos/xistos ferruginosos friáveis, 2 a 10m; i15: colúvios, residuais filitos/xistos, saprólitos filitos/xistos, > 10m, com material laterítico

Material Inconsolidado

A – Quanto ao tipo : baseado no mapa de material inconsolidado (Anexo 25) de Bonuccelli (1999) que apresenta oito classes de material inconsolidado para a região estudada, foi obtido o documento apresentado no Anexo 26 que apresenta, além das oito classes consideradas pela autora, uma região onde ocorre rocha aflorante (portanto sem a presença de material inconsolidado).

Portanto, foram selecionados nove classes de ocorrência: colúvio/talus, residual maduro arenoso, residual maduro silto/argiloso, residual jovem arenoso, residual jovem silto/argiloso, saprólito arenoso, saprólito silto/argiloso, aterros e ausência.

B – Quanto ao grau de alteração: este atributo considera tanto o nível de alteração que o material sofreu quanto as diferenças de composição. Quanto maior for a alteração do material, maior a possibilidade de instabilização do maciço uma vez que o mesmo apresentará menor resistência. A presença de material que não apresenta características de uniformidade (como os depósitos de rejeitos e resíduos), também é uma característica que contribui para a

instabilização do maciço, uma vez que o mesmo contém materiais com diferentes características de resistência.

O atributo foi obtido a partir do mapa de material inconsolidado de Bonuccelli (1999) apresentada no anexo 25 e está subdividido em seis classes de alteração (solos saprolíticos (A5 – ISRM); solos residuais (A6 – ISRM); colúvios, aterros não compactados; depósitos de rejeitos e resíduos e aluviões) e uma classe para representar a ausência de material inconsolidado (ausência).

O Anexo 27 apresenta o resultado da classificação do material inconsolidado, conforme sua resistência e pode-se observar que a classe que apresenta maior contribuição a instabilização do maciço, é a classe 5 (depósito de rejeitos e resíduos) que juntamente com a classe 4 (aterros não compactados) que também é uma das maiores responsáveis pela instabilização, perfazem, aproximadamente, 20% da área total avaliada.

C – Quanto a espessura: este atributo foi considerado, uma vez que quanto menor a espessura da camada de material inconsolidado, maior a possibilidade de o mesmo ficar saturado e de ocorrerem movimentos de massa gravitacionais.

O resultado da distribuição das classes (Anexo 28) foi obtido a partir das informações contidas no mapa de material inconsolidado de Bonuccelli (1999) que pode ser observado no Anexo 25.

Foram consideradas (Tabela 5.21) três classes de espessura (<2m; 2 – 10m; >10m), da mesma forma como apresentado no mapa de Bonuccelli (1999), além de uma classe onde o material inconsolidado é ausente (rocha aflorante).

Da análise do anexo 28 percebe-se uma extensa faixa de material inconsolidado cuja espessura é menor que 2m (classe 1), representando em torno de 40% do total da área analisada. O mesmo ocorre para a classe 2 (espessura entre 2m e 10m), donde se conclui que existe um grande número de celas com condições favoráveis a instabilização.

D – Quanto a descontinuidade mais provável de ruptura: obtido a partir do mapa de material inconsolidado de Bonuccelli (1999), apresentado no Anexo 25, a descontinuidade mais provável foi considerada, uma vez que a presença de contatos entre diferentes tipos de materiais pode vir a ser o plano de ruptura adequado para que ocorra a instabilidade do maciço.

Foram consideradas, portanto, cinco classes de descontinuidade (contato material inconsolidado com rocha; contato material inconsolidado residual com saprólito;

descontinuidades tectônicas como fraturas, juntas etc.; contatos litológicos; outros tipos de contatos), além de uma classes que representa a ausência de descontinuidades (Tabela 5.21).

Tabela 5. 21 - Classes e Atributos referentes ao Componente Material Inconsolidado, obtidos do trabalho de Bonuccelli (1999).

TIPO	CLASSES / ATRIBUTOS
MATERIAL INCONSOLIDADO	A - QUANTO AO TIPO
	1 - COLÚVIO/TALUS
	2 - RESIDUAL MADURO ARENOSO
	3 - RESIDUAL MADURO SILTO/ARGILOSO
	4 - RESIDUAL JOVEM ARENOSO
	5 - RESIDUAL JOVEM SILTO/ARGILOSO
	6 - SAPRÓLITO ARENOSO
	7 - SAPRÓLITO SILTO/ARGILOSO
	8 - ATERROS
	9 - AUSÊNCIA
	B - QUANTO AO GRAU DE ALTERAÇÃO
	1 - A5 (ISRM) - SOLOS SAPROLÍTICOS
	2 - A6 (ISRM) - SOLOS RESIDUAIS
	3 - COLÚVIOS
	4 - ATERROS NÃO COMPACTADOS
	5 - DEPÓSITOS DE REJEITOS E RESÍDUOS
	6 - ALUVIÕES
	7 - AUSÊNCIA
	C - QUANTO A PROFUNDIDADE
	1 - < 2 m
	2 - 2 a 10 m
	3 - > 10 m
	4 - AUSÊNCIA
	D - QUANTO A DESCONTINUIDADE MAIS PROVÁVEL P/ RUPTURA
	1 - MATERIAL INCONSOLIDADO/ROCHA
	2 - MATERIAL INCONSOLIDADO RESIDUAL SOBRE SAPRÓLITO
	3 - FRATURAS, JUNTAS, OUTRAS DESC. TECTÔNICAS
	4 - CONTATOS LITOLÓGICOS
	5 - OUTROS
	6 - AUSÊNCIA

Pode-se observar a partir da análise do Anexo 29 que mais de 75% da área analisada apresenta a descontinuidade do tipo 1 (contato entre material inconsolidado e rocha) e que este é o tipo de descontinuidade que apresenta maior possibilidade de instabilização do maciço, quando comparado aos demais.

5.2.4.6 – Uso do Solo:

As informações referentes ao uso do solo foram obtidas a partir do mapa de uso e ocupação do solo (Anexo 30) de Bonuccelli (1999) na escala 1:10000 e Zenóbio (2000) na escala 1:5000, como apresentadas na Tabela 5.22.

A partir da manipulação dos dados disponíveis, obteve-se um grupo de atributos (Tabela 5.23) que será utilizado na análise dos movimentos de massa gravitacionais.

Tabela 5. 22 - Informações sobre uso do solo, presentes nos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

TIPO	DESCRIÇÃO
Bonuccelli (1999)	u1: urbana com baixa densidade; u2: urbana com alta densidade; u3: urbana com média densidade; u4: mineração ativa; u5: mineração inativa; u6: preservação ambiental; u7: disposição de resíduos; u8: vegetação; u9: ocupação industrial; u10: ocupação escolar; u11: urbana com alta densidade e mineração inativa
Zenóbio (2000)	Informações apresentadas no mesmo documento gráfico de drenagens e vias principais;

A – Quanto ao tipo de ocupação: as informações foram obtidas a partir do mapa de uso e ocupação do solo de Bonuccelli (1999) apresentadas no Anexo 30, de trabalhos de campo e fotografias aéreas/ortofotos da região, e as diferentes características de uso servirá de base para as análises e a definição das medidas a serem tomadas (Anexo 30). Foram definidas 5 classes de ocupação (edificações residenciais e infra-estrutura, incluindo rede viária, de energia, de água e saneamento e etc.; edificações residenciais, privadas ou públicas de uso contínuo ou esporádico e infra-estrutura, incluindo rede viária, de energia, de água e saneamento e etc.; edificações comerciais e industriais; áreas abertas incluindo praças, parques esportivos, quadras e outras; agropecuária) e uma classe para incluir as áreas que não se enquadram nas demais classes.

Apesar de ter sido selecionada uma área urbana, a região selecionada para este estudo apresenta em torno de 20% de sua distribuição na classe 6 (sem uso/construção) e cerca de 10% como uso agropecuário, representado pela classe 5.

B – Quanto a área ocupada: as informações utilizadas para análise quanto a área ocupada foram obtidas do mapa de uso e ocupação do solo de Bonuccelli (1999) apresentadas no Anexo 30, trabalhos de campo e fotografias aéreas/ortofotos da região.

Foram definidas, portanto, 5 classes (Tabela 5.23) para definir a área de cada cela que é ocupada pelo tipo definido no item A, sendo o restante da cela definido como área vegetada (Anexo 32), quais são: <5%; 5 a 20%; 20 a 50%; 50 a 90% e >90%.

O resultado da análise dos dados mostra que as duas áreas que não apresentam construção são exatamente aquelas que apresentam índice de ocupação na classe 4 e aquelas áreas (celas) que possuem construção apresentam uma variação entre as classes 2 a 5.

Tabela 5. 23 - Classes e Atributos referentes ao Componente Uso do Solo, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

TIPO	CLASSES / ATRIBUTOS
USO DO SOLO	A – QUANTO AO TIPO DE OCUPAÇÃO
	1 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO, ETC.)
	2 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, PRIVADAS OU PÚBLICAS DE USO CONTÍNUO OU ESPORÁDICO, INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO ETC.)
	3 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS E INDUSTRIAIS
	4 – ÁREAS ABERTAS (PRAÇAS, PARQUES ESPORTIVOS, QUADRAS, ETC.)
	5 – AGROPECUÁRIA
	6 – SEM USO (SEM CONSTRUÇÃO)
	B – QUANTO A ÁREA OCUPADA
	1 – < 5%
	2 – 5 a 20%
	3 – 20 a 50%
	4 – 50 a 90%
	5 – > 90%
	C – QUANTO AO NÚMERO DE TALUDES ARTIFICIAIS
	1 – MENOS DO QUE 2
	2 – DOIS A CINCO
	3 – CINCO A DEZ
	4 – MAIS DO QUE 10

C – Quanto ao número de taludes: foram consideradas as informações obtidas do mapa de uso e ocupação do solo de Bonuccelli (1999), apresentadas no Anexo 30, obtidas via trabalhos de campo e fotografias aéreas/ortofotos da região, para análise do número de taludes presentes em cada cela e definidas quatro classes (menos do que dois; dois a cinco, cinco a dez e mais do que dez taludes na cela – Tabela 5.23), considerando que quanto maior o número de taludes artificiais, maior será a possibilidade de instabilização do maciço (maior número de áreas apresentando cortes).

A partir da análise do Anexo 30 pode-se observar que aproximadamente 80% das celas possui menos do que dois talude artificias e que estas celas são exatamente aquelas que apresentam o valor mais baixo em termos de ocupação do tipo construções (as celas que apresentam valores de ocupação do tipo construção – em área – mais elevados apresentam, também, um número maior de taludes artificiais). Pode-se observar, ainda, que uma porção significativa da área encontra-se classificada como classe 4 (mais do que 10 taludes artificiais por cela), resultando no aumento da possibilidade de instabilização do maciço, pela ampliação da área passível de infiltração e em desequilíbrio de forças.

5.2.4.7 – Clima:

Com relação ao clima local, foram obtidas as seguintes informações tabulares:

- a precipitação mensal apresentando média anual de 1757,8 mm/ano e precipitação pluviométrica diária mais freqüente de 0 a 10mm (85%) e apenas 1,3% dos dias com precipitações acima de 50mm;

- b insolação média anual (considerados entre 1976 e 1985) apresentando valores médios entre 201,1 (julho) e 87,7 (dezembro) com média anual de 1757,8 horas de brilho solar/ano;
- c direção e sentido predominante dos ventos (considerando entre 1981 e 1990): apresentou velocidade média de 2,5m/s predominantemente par sudeste;
- d temperatura e umidade relativa do ar (consideradas entre 1981 e 1990): foram obtidos valores de temperatura média anual de 18,5°C, apresentando uma variação entre 23°C (média das máximas)e 14,8°C (média das mínimas) e umidade relativa do ar média de 80,7%. A evaporação medida entre 1976 e 1985 apresentou média anual de 947,3mm.

5.2.4.8 – Vegetação:

As informações referentes a vegetação foram obtidas de Bonuccelli (1999) a partir de documentação gráfica (Anexo 34) apresentando 8 tipos diferentes (Tabela 5.24).

Tabela 5. 24 - Informações sobre vegetação, obtidas do trabalho de Bonuccelli (1999).

TIPO	DESCRIÇÃO
Bonuccelli (1999)	v1: desmatada; v2: rasteira: campos rupestres, gramíneos; pastos; v3: campo cerrado; v4: florestas, matas mistas, matas de galeria; v5: reflorestamento; v6: quintais e pomares; v7: rasteira com rochas; v8: cerrado com rochas

A partir da manipulação dos dados do mapa de vegetação de Bonuccelli (1999), obteve-se os seguintes atributos: Tipo de Vegetação e Densidade de Vegetação em cada cela (Tabela 5.25), que serão utilizados na análise dos movimentos de massa gravitacionais.

Tabela 5. 25 - Classes e Atributos referentes ao Componente Vegetação, obtidos dos trabalhos de Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000).

TIPO	CLASSES / ATRIBUTOS
VEGETAÇÃO	A – QUANTO AO TIPO 1 – CAMPO CERRADO 2 – CERRADO COM ROCHAS 3 – QUINTAIS E POMARES 4 – MATA B – QUANTO A ÁREA/DENSIDADE 1 – < 5% 2 – 5 a 20% 3 – 20 a 70% 4 – > 70%

A – Quanto ao tipo: obtida a partir do mapa de vegetação de Bonuccelli (1999), foram definidas quatro classes (campo cerrado, cerrado com rochas, quintais e pomares e mata),

conforme a capacidade de retenção/infiltração de água (Anexo 35), uma vez que o tipo de vegetação presente em cada cela irá determinar a maior ou menor concentração de água na superfície e por consequência a maior ou menor infiltração/ instabilidade.

B – Quanto a área: obtido a partir do mapa de vegetação de Bonuccelli (1999), foram definidas quatro classes (menos do que 5%, 5 a 20%, 20 a 70%, mais do que 70%), afim de se verificar a densidade de vegetação em cada cela (uma vez que a maior concentração da vegetação determina a maior infiltração caracterizando maior possibilidade de instabilização do maciço).

O Anexo 36 apresenta a distribuição da densidade de vegetação presente em cada cela, onde se verifica que apesar de o tipo “campo cerrado” ocupar em torno de 70% da área total analisada, sua densidade, em termos gerais, é em torno de 20%, já os demais tipos apresentam uma variação entre 20 e 70%.

5.2.5 – Adequabilidade das informações:

Considerando-se os dados obtidos (item 5.2.4) e o fluxograma proposto para a seleção dos dados adequados à análise dos eventos (item 4.5) verificou-se a adequabilidade de uso de cada uma informações selecionadas para uso na análise dos movimentos de massa gravitacionais. As informações classificadas como adequadas foram “separadas” para uso nas análises; aquelas que se mostraram inadequadas foram descartadas e aquelas que apresentaram uma formatação diferente da necessária foram tratadas de forma a se adequarem à necessidade de uso.

Os dados referentes ao Material Inconsolidado, obtidos de Bonuccelli (1999) foram subdivididos conforme o tipo, grau de alteração e profundidade quando utilizados conforme a autora apresentou na documentação gráfica. Já o atributo referente à descontinuidade mais provável para ocorre ruptura foi obtida através do tratamento da informação sobre descontinuidades presentes no material.

Os atributos referentes a Topografia/Relevo obtidos de Zenóbio (2000) sofreram diversos tratamentos, ou seja, a partir do mapa topográfico apresentando curvas de nível com frequência de 2m, foram executados os seguintes tratamentos: obtenção da curvatura da encosta em cada cela, considerando as direções vertical e horizontal (côncava, convexa ou linear); determinação do número de celas que contribuem no escoamento superficial de uma determinada cela; a determinação da declividade em cada cela; a amplitude de relevo em cada uma das celas; caracterização do número de taludes inseridos dentro de cada cela; a posição

da encosta na cela em relação à área como um todo e a determinação do comprimento da encosta em cada cela.

As informações referentes ao Uso do Solo foram obtidas através da atualização de dados (trabalhos de campo), tendo como base o mapa topográfico de Zenóbio (2000) apresentando curvas de nível com frequência de 2m, com o auxílio das ortofotos (CEMIG, voo Proj. 03/86) na escala 1:10000 e fotografias locais. Estas informações são referentes ao tipo de uso, percentagem da área ocupada e número de taludes artificiais presentes em cada cela.

Quanto a Vegetação, as informações referentes ao tipo foram obtidas diretamente do mapa produzido por Bonuccelli (1999), com atualização de dados baseado em trabalhos de campo, fotografias aéreas e ortofotos disponíveis, já aquelas referentes densidade, foram obtidas a partir da atualização dos dados de campo, fotografias aéreas e ortofotos disponíveis.

Os atributos referentes a Litologia foram obtidos a partir da documentação gráfica apresentada por Bonuccelli (1999) e foram subdivididos nas seguintes classes: tipo predominante, composição de todos os tipos presentes, características de relação entre os tipos e resistência do material.

As informações referentes às Feições de Movimentos de Massa Gravitacionais foram obtidas a partir do cruzamento das informações disponibilizadas por Bonuccelli (1999) e Zenóbio (2000), que sofreram um tratamento no sentido de filtrar as feições referentes a movimentos de massa gravitacionais e erosões, definindo-se o tipo de atividade de cada uma delas e obtendo-se o número e a área ocupada em cada uma das celas.

As demais informações obtidas através da documentação apresentada pelos autores foi descartada em termos de uso no tratamento das informações, sendo consideradas, somente, em termos de conhecimento da área para subsidiar a Tomada de Decisão.

5.2.6 – Armazenamento dos dados:

Após a seleção e caracterização dos dados adequados, definiu-se a forma como os dados serão arquivados, ou seja, os dados serão armazenados em meio digital, na forma de tabelas, texto e figuras (arquivos gráficos), dado a facilidade de disponibilização e possibilidade de uso para outros fins.

Considerando a gama de dados obtidos e o espaço (em termos de memória) ocupado por estes, decidiu-se, que devem arquivadas somente aquelas informações que se mostraram adequadas ao uso (com ou sem tratamento).

5.2.7 – Tratamento das informações:

Atualmente, diversos autores vêm tratando as informações referentes aos movimentos de massa gravitacionais considerando os mais diversos tipos de análise. Como exemplo, Soters & Van Westen, 1996; Souza, 2001; Zuquette *et al.*, 1991 adotam o tratamento estatístico (análise multivariada), Carrara *et al.* (1990) utilizam métodos estatísticos baseados em atributos referentes a fatores como declividade, altura, comprimento, forma e aspecto do talude, além da ordem, magnitude e gradiente de canais da bacia em estudo. Mark & Ellen baseiam-se em modelos estatísticos associados à técnica multivariada denominada de regressão lógica com a aplicação da Simulação de Monte Carlo; Chung, Fabbri e Van Westen utilizam o modelo de regressão multivariada para zoneamento de escorregamentos (baseado em Carrara, 1983; Carrara, 1988; e Carrara *et al.* 1992), usando modelos analíticos – não estatísticos, modelos estatísticos e modelos de prognóstico. Dias (2002) baseia-se nas árvores de eventos para o tratamento das informações referentes aos movimentos de massa gravitacionais, e Bonuccelli (1999) utiliza-se de tratamentos semi-estatísticos onde são analisadas as relações dos atributos vs. a ocorrência dos processos .

Alguns autores vêm utilizando a Análise Multicriterial como forma de tratamento de informações para os mais diversos tipos de problemas, devido a possibilidade de lidar com julgamentos de forma matemática, uma vez que problemas complexos que consideram dados qualitativos e quantitativos são divididos na forma de uma hierarquia de decisão, baseado em preferências (ou importância) de um determinado atributo analisado, com relação a outro.

Sen & Yang (1998) apresentam (Tabela 5.26) uma classificação dos métodos relacionados à Tomada de Decisão Multicriterial do tipo Multiatributo, onde o Processo Analítico Hierárquico (AHP) considera a determinação de pesos de antemão e apresenta a comparação par-a-par de todas as alternativas e atributos.

Considerando esta classificação os autores apresentam uma árvore de decisão para seleção do método é o mais adequado bastando para isso, responder a algumas questões que são formuladas para a decisão entre um ou outro método. Para a seleção do método AHP, os autores apresentam as seguintes questões que devem ser respondidas, a fim de se confirmar a seleção do método:

1. A preferência da informação é requerida? (*sim*)
2. Qual a preferência que a informação representa? (*pesos relativos*)
3. Os pesos utilizados são determinados previamente ou são gerados? (*são gerados*)
4. Qual é o tipo de entrada de dados é requerida? (*comparação par-a-par de todas as alternativas e atributos*)

Tabela 5. 26 – Classificação dos métodos relacionados à Tomada de Decisão Multicriterial do tipo Multiatributo (Sen & Yang, 1998 - modificado).

TIPO DE INFORMAÇÃO	MÉTODO	INFORMAÇÃO PREFERENCIAL
Sem informações	Dominância	
	Maximo-mínimo	
	Máximo-máximo	
	Conjuntivo	
	Disjuntivo	
Níveis padrão	Avaliação direta	Comparação par a par de todos os atributos
	Mínimos quadrados	
	Eigenvector	
	Entropia	
	MITA	
Determinação de pesos de antemão	Lexicográfico	Classificação de todos atributos
	Pesos simplificados	
	TOPSIS	Definição de preferências e pontos não preferenciais
	Avaliação Linear	
	Estimativa da posição relativa	Comparação par-a-par de todos os atributos
	ELECTRE	
Determinação de pesos de antemão	AHP	Comparação par-a-par de todas alternativas e atributos
	LIMAP	Comparação par-a-par de preferências
Pesos deverão ser gerados	UTA	Classificação de um subconjunto de alternativas
Função de utilidade local	ILUTA	Comparações par-a-par de algumas alternativas
Função de utilidade implícita	EDMCM	Comparações par-a-par e formulação de questões

Uma visão setorial do problema contempla simplesmente seus efeitos, sem analisar as reais causas. O planejamento integrado possibilita a análise do problema como um todo, baseando as análises nas causas e efeitos dos problemas.

A sistemática da Tomada de Decisão passa por duas fases: a primeira é composta pelo diagnóstico da situação, normalmente elaborado através da espacialização dos dados ambientais e sociais da área estudada e a segunda é caracterizada pela avaliação das alternativas propostas em função do meio, orientada através de Tomadas de Decisão Multiatributo (Zuffo, 1998).

Tradicionalmente, os trabalhos relacionados a problemas de estabilidade de taludes têm enfatizado, principalmente, a remoção ou a aplicação de medidas estruturais como

solução para os problemas. A análise de um único objetivo é causa de deste tipo de Tomada de Decisão, sujeita a um conjunto de restrições.

Durante o processo de decisão, geralmente o Decisor (ou Tomador de Decisão) seleciona uma entre as alternativas possíveis, através de um processo estruturado, a partir da avaliação dos dados disponíveis para análise e/ou pareceres de especialistas. Quando o problema é complexo, esta decisão não irá depender de uma única pessoa, portanto, torna-se imprescindível a estruturação do problema e a sistematização das respostas (Zuffo, 1998)

Portanto, o processo de auxílio (ou apoio) à tomada de decisão deve ser baseado em confrontações permanentes entre as diversas características (dados) do problema, com o objetivo de se obter uma (ou mais) situação adequadas a sua solução, a fim de possibilitar a seleção daquela mais adequada (no momento) pelo Decisor.

Quando se tem diferentes atributos/fatores que contribuem para a Tomada de Decisão, existe a necessidade de determinar a contribuição relativa de cada um deles. Para solucionar este problema, Satty (1978) propôs uma técnica de escolha baseada na lógica da comparação pareada. Neste procedimento, os diferentes fatores que influenciam a Tomada de Decisão são comparados par-a-par, e um critério de importância relativa (Tabela 5.27) é atribuído ao relacionamento entre estes fatores.

Tabela 5. 27 – Escala de Razão (Satty, 1978).

VALORES DE REFERÊNCIA INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Ambos os atributos têm a mesma importância na geração do fenômeno;	Os dois atributos contribuem igualmente para o objetivo;
3	O atributo tem pequena importância em relação ao outro na geração do fenômeno;	O julgamento favorece levemente um atributo em relação ao outro quando analisado em termos de favorecimento à ocorrência do evento;
5	O atributo tem importância média em relação ao outro na geração do fenômeno;	O julgamento favorece medianamente um atributo em relação ao outro quando analisado em termos de favorecimento à ocorrência do evento;
7	O atributo tem importância grande em relação ao outro na geração do fenômeno;	O julgamento mostra que um atributo é fortemente favorecido em relação ao outro quando analisado em termos de favorecimento à ocorrência do evento. Pode ser demonstrado através das equações de estabilidade;
9	O atributo tem importância predominante em relação a todos os outros na geração do fenômeno;	O julgamento mostra que a um atributo absoluto em relação ao outro quando analisado em termos de favorecimento à ocorrência do evento. Pode ser demonstrado através das equações de estabilidade;
2, 4, 6, 8	"valores intermediários entre os principais";	Quando os atributos apresentam grau de significância intermediária entre as definições anteriores em termos de favorecimento à ocorrência de escorregamentos;
Recíprocos dos valores	Referese aos valores inversos	São os valores inversos

A partir do estabelecimento de critérios de comparação para cada combinação de atributos, é possível determinar um conjunto de pesos (o mais adequado) que pode ser utilizado para a combinação dos demais atributos.

Para a aplicação desta técnica, a elaboração de uma relação de importância relativa entre os atributos é utilizada como os dados de entrada de uma matriz de comparação pareada (Tabela 5.28), onde são calculados os autovalores e autovetores da matriz.

Tabela 5. 28 – Matriz de comparação dos atributos (Satty, 1978 - modificado).

Nível imediatamente superior	A	B	C
A	1		
B		1	
C			1

A comparação é feita partindo-se do atributo A da coluna de definição dos atributos e inserindo o valor correspondente para a definição de sua importância com relação aos demais, para o objetivo do nível imediatamente superior, ou seja:

- se A possuir a mesma importância de B, deve-se selecionar o fator 1;
- se A for um pouco mais importante do que B, seleciona-se, então, o fator 3;
- para A muito mais importante do que B, o valor selecionado deve ser 5;
- quando A for claramente mais importante do que B, seleciona-se 7;
- se A apresentar absoluta importância com relação a B, então o valor é 9.

Na diagonal principal da matriz, a comparação é feita entre os próprios atributos e seus valores, portanto, serão sempre unitários ($A = A$, ou seja, mesma importância) e na porção inferior a diagonal, são lançados os recíprocos dos valores (ou seja $1/3$, $1/5$, $1/7$, $1/9$).

O Processo Analítico Hierárquico, então, é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Ele requer a estruturação de um modelo hierárquico, o qual, geralmente é composto por metas, sub-critérios e alternativas. Também por um processo de comparação pareada, por importância relativa, preferências ou probabilidades entre dois critérios, com relação ao critério no nível superior.

Com base em comparações, o Processo Analítico Hierárquico permite a ponderação de todos os sub-critérios e critérios e o cálculo de um valor de razão de consistência que varia entre zero e um, onde o valor zero indica a completa consistência do processo de julgamento.

Portanto, o processo analítico hierárquico (AHP) é uma teoria baseada na aproximação de pesos computados considerando o critério de importância relativa dos atributos. Estes pesos não são determinados diretamente mas representam o melhor ajuste do conjunto de

pesos derivados do eigenvector da matriz recíproca quadrada usada na comparação de todos os possíveis pares do critério. Esta sistemática diminui a subjetividade do processo e foi aplicada na área selecionada, devido a variabilidade dos atributos obtidos:

A – Seleção dos Atributos:

Considerando que é parte do objetivo do presente estudo a caracterização das áreas instáveis a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais, todos os atributos selecionados dos trabalhos existentes e de trabalhos de campo foram aqueles que influenciam diretamente neste tipo de evento.

Foram considerados, portanto, 24 atributos: MATERIAL INCONSOLIDADO (tipo, grau de alteração, espessura da camada, descontinuidade mais provável), RELEVO (declividade, amplitude, comprimento da encosta, curvatura da encosta, trajetória do escoamento superficial, número de superfícies, posição da encosta), USO DO SOLO (tipo de ocupação, área ocupada, número de taludes artificiais), VEGETAÇÃO (tipo e densidade), LITOLOGIA (tipo predominante, composição dos tipos, características de relação, resistência), FEIÇÕES DE MOVIMENTO DE MASSA GRAVITACIONAL (número de feições, tipos de feições, área ocupada, atividade)

B – Hierarquização:

Para que seja possível a aplicação da Sistemática de Análise Hierárquica, deve-se definir quantos e quais os níveis que serão utilizados na análise do problema, onde o primeiro nível sempre deve ser ocupado pela meta e os demais serão simplificações deste.

A Figura 5.5 apresenta o diagrama de hierarquização de decisão, adotado na presente análise. Note-se que, uma vez que a aplicação da Sistemática AHP servirá, no caso do presente trabalho somente para definir as áreas instáveis a movimentos de massa gravitacionais – escorregamentos, o diagrama representa a estruturação do problema como um todo, além de apresentar o quatro níveis hierárquicos, estruturados de acordo com a Figura 5.5.

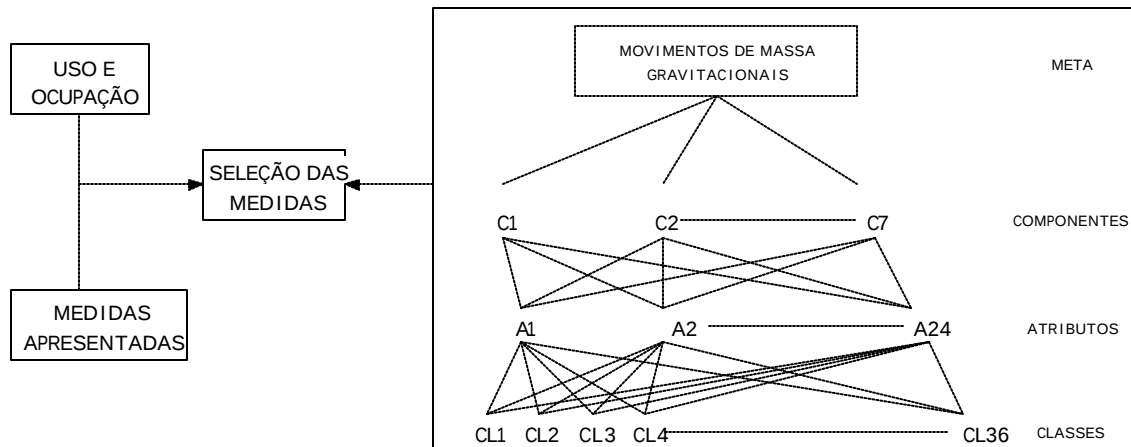


Figura 5. 5 – Diagrama de seleção das medidas.

1º nível: o primeiro nível, ou mais elevado, é caracterizado pela meta ou objetivo da aplicação da Sistemática AHP que, no caso do presente trabalho, consiste em definir áreas instáveis a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais.

2º nível: consiste na definição dos sete componentes do meio físico a serem considerados na análise, definidos como: relevo 1, relevo 2, material inconsolidado, litologia, vegetação, uso do solo, feições dos movimentos de massa gravitacionais.

3º nível: corresponde aos atributos relacionados aos componentes do meio físico e que somam vinte e quatro, para esta análise.

4º nível: representa as características ou classes de cada um dos atributos que caracterizam o maciço como instável ou não.

C – Montagem das Matrizes Pareadas:

Nesta etapa do desenvolvimento da aplicação, são montadas as matrizes de comparação para cada um dos três níveis inferiores, comparando os elementos de mesmo nível hierárquico com relação ao elemento do nível superior, a fim de definir a importância relativa de um determinado elemento em relação a outro.

Foram considerados, portanto, dois modelos para análise quanto à instabilidade:

MODELO 1

Considerando a regularidade da superfície por no mínimo 30m, conforme adotado por Wu & Abdel-Latif (2000), foi adotado o modelo de talude infinito para as análises, sendo que o fator de segurança (visão determinística) é assumido como:

$$F_s = \frac{C_r + C' \cdot \frac{1}{Z} \cdot h_w \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{s} \cdot h_w \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \alpha}{\frac{1}{Z} \cdot h_w \cdot \frac{1}{s} \cdot h_w \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}$$

onde:

C_r : coesão para áreas vegetadas

C' : coesão efetiva

γ : peso específico para não saturado

γ_s : peso específico para saturado

γ_w : peso específico da água

β : declividade

α : ângulo de atrito efetivo

h_w : altura da lâmina de água

Z : profundidade da superfície

Durante a análise, para definição dos pesos iniciais, os parâmetros desta equação foram substituídos por analogia pelos atributos e respectivas classes, considerando sua importância relativa.

MODELO 2

O grau de estabilidade de uma encosta deve inicialmente ser avaliado considerando a seguinte condição geral:

$A \cdot \gamma \cdot \beta$ (Atributos favoráveis a estabilidade + Atributos que afetam positivamente os favoráveis) $\geq B \cdot \gamma \cdot \beta$ (Atributos favoráveis a instabilidade + Atributos potencializadores dos favoráveis a instabilidade) $\cdot \gamma$

Esta condição pode ser comparada, de maneira geral, às expressões de fator de segurança quando considera condições determinísticas.

A condição geral permite considerar uma análise temporal, a variabilidade espacial das informações e diferentes tipos de informações (qualitativas e quantitativas).

Baseado nestes modelos e usando a escala de importância relativa de Saaty (1977, 1990 a,b), foram elaboradas as matrizes pareadas para os sete componentes (Tabela 5.4). Posteriormente, considerou seis componentes com a retirada do componente uso que se mostrou menos significativo em termos dos pesos relativos normalizados (Tabela 5.5), e em seqüência, para cinco componentes com a retirada do componente uso do solo e vegetação (Tabela 5.6).

Foram elaboradas, ainda, as matrizes de pesos (ou pareadas) para cada um dos sete componentes em relação aos atributos (Tabelas 5.7 a 5.14) e para cada um dos 24 atributos e as respectivas classes (Tabelas 5.15 a 5.39).

Para cada matriz foram obtidos, através do programa MATHCAD os *autovalores* e *autovetores* de cada uma das matrizes. Os autovetores obtidos em relação ao autovalor mais

significativo ou considerado máximo, foram normalizados, e assim obteve-se os pesos relativos normalizados.

Para uma matriz ser considerada consistente, é necessário que seu autovalor máximo ($\lambda_{\max} = A.V_{\max}$) seja aproximadamente igual a sua ordem n . Quanto maior for essa proximidade, melhor será seu resultado, portanto, foram calculados os: Índice de Consistência (IC) e a Razão de Consistência (RC) a partir das seguintes equações:

$$IC = \frac{|\lambda_{\max} - n|}{n - 1} \qquad RC = \frac{IC}{IR}$$

Onde: $\lambda_{\max}$: maior autovalor encontrado

n : ordem da matriz

IR: índice randômico (Saaty, 1990a)

Para se garantir a consistência das matrizes, duas normas devem ser verificadas:

1 – a consistência será tanto maior quanto IC for próximo de zero;

2 – a razão de consistência (RC) deve ser um valor abaixo de 0,10;

Ou seja, qualquer matriz é considerada consistente se atender as seguintes condições:

1. $\lambda_{\max} \approx n$
2. $\lambda_{\max} < n + 5\%$
3. $IC \approx 0$
4. $RC \approx 0,10$

Tabela 5. 29 – Matriz com os pesos relativos aos 7 componentes considerados

Escorregamentos translacionais	Material inconsolidado	Litologia	Vegetação	Usos	Relevo 1 (declividade/Amplitude/ Comprimento da encosta)	Relevo 2	Feições	Peso relativo normalizado
Material inconsolidado	1	2	4	5	1/2	4/3	1	0.17576
Litologia	1/2	1	3	7/2	1/4	1	1/3	0.101521
Vegetação	1/4	1/3	1	2	1/6	1/3	1/4	0.046959
Usos	1/5	2/7	1/2	1	1/7	1/4	1/5	0.033095
Relevo 1	2	4	6	7	1	5/2	2	0.321109
Relevo 2	3/4	1	3	4	2/5	1	3/2	0.145349
Feições	1	3	4	5	1/2	2/3	1	0.176208
	AVMáx.=7.188	I.C= 0.031	R.C= 0.023					

Tabela 5. 30 – Matriz com os pesos relativos aos 6 componentes sem considerar o uso

Escorregamentos translacionais	Material inconsolidado	Litologia	Vegetação	Relevo 1 (declividade/Amplitu de/Comprimento da encosta)	Relevo 2	Feições	Peso relativo normalizado
Material inconsolidado	1	2	4	1/2	4/3	1	0.180504
Litologia	1/2	1	3	1/4	1	1/3	0.100746
Vegetação	1/4	1/3	1	1/6	1/3	1/4	0.044776
Relevo 1	2	4	6	1	5/2	2	0.342817
Relevo 2	3/4	1	3	2/5	1	3/2	0.150653
Feições	1	3	4	1/2	2/3	1	0.180504
	AVMáx.=6.168	I.C=0.0336	R.C=0.027				

Tabela 5. 31 – Matriz com os pesos relativos aos 5 componentes sem considerar o uso e a vegetação.

Escorregamentos translacionais	Material inconsolidado	Litologia	Relevo 1 (declividade/Amplitude/ Comprimento da encosta)	Relevo 2	Feições	Peso relativo normalizado
Material inconsolidado	1	2	1/2	4/3	1	0.187132
Litologia	1/2	1	1/4	1	1/3	0.098232
Relevo 1	2	4	1	5/2	2	0.369352
Relevo 2	3/4	1	2/5	1	3/2	0.159627
Feições	1	3	1/2	2/3	1	0.185658
	AVMáx.=5.161	I.C=0.04025	R.C==0.035			

Considerando as três situações onde foram considerados todos os componentes (Tabela 5.29), os seis componentes, sem o uso do solo (Tabela 5.30) e cinco componentes, sem o uso do solo e a vegetação, verifica-se que o índice de consistência não atinge níveis próximos de zero, porém estão em condições que permitem a continuidade e as análises seguintes. Um aspecto importante observado destas três matrizes trata-se da diminuição do peso relativo normalizado do componente litologia, demonstrando que este componente apresenta disparidade de avaliação quando da comparação com os componentes relevo1, relevo 2, materiais inconsolidados e feições. Como a diferença está dentro de uma margem de erro aceitável, os valores foram considerados e foram utilizados para a obtenção do INDICE FINAL DE CADA CELULA quanto ao grau de instabilização da encosta (IFIE).

Tabela 5. 32 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados aos materiais inconsistentes.

Material Inconsolidado	Tipo	Grau de Alteração	Espessura	Descontinuidade mais provável	Peso relativo normalizado
Tipo	1	2	1	5/2	0.353003
Grau de Alteração	½	1	½	1	0.165964
Espessura	1	2	1	3/2	0.310854
Descontinuidade mais provável	2/5	1	2/3	1	0.170179
	AVMáx.=4.025	I.C=0.008	R.C=0.009		

Tabela 5. 33 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados a litologia.

	Tipo predominante	Tipos	Relação	Resistência	Peso relativo normalizado
Tipo predominante	1	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0.209652
Tipos	$\frac{1}{2}$	1	2	$\frac{1}{2}$	0.209652
Relação	2	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	0.209652
Resistência	2	2	2	1	0.371043
	AVMáx.=4.386	I.C=0.128	R.C=0.14		

Tabela 5. 34 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados a vegetação.

	Tipo	Área	Peso relativo
Tipo	1	3/2	normalizado 0.599856
Área	2/3	1	0.400144
	AVMáx.=2.0	I.C=0.0	R.C=0.0

Tabela 5. 35 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados ao uso e ocupação.

	Tipo de ocupação	Porcentagem da área	Número de taludes artificiais	Peso relativo normalizado
Tipo de ocupação	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	0.230769
Porcentagem da área	$\frac{4}{3}$	1	$\frac{2}{3}$	0.307692
Número de taludes artificiais	2	$\frac{3}{2}$	1	0.461538
	AVMáx.=3.0	I.C=0.0	R.C=0.0	

Tabela 5. 36 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados ao relevo1

	Declividade	Amplitude	Comprimento da encosta	Peso relativo normalizado
Declividade	1	4	6	0.700955
Amplitude	$\frac{1}{4}$	1	2	0.19324
Comprimento da encosta	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	1	0.105805
	AVMáx.=3.009	LC=0.0045	RC=0.007	

Tabela 5. 37 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados ao relevo 2

	Curvatura	Trajetória	Número de superfícies	Posição na encosta	Peso relativo normalizado
Curvatura	1	3	4	2	0.467279
Trajetória	1/3	1	2	½	0.160161
Número de superfícies	¼	½	1	1/3	0.095293
Posição na encosta	½	2	3	1	0.277268
	AVMáx.=4.031	I.C=0.010	R.C=0.011		

Tabela 5. 38 – Matriz com os pesos relativos aos atributos relacionados às feições dos movimentos de massa gravitacionais.

	Número de feições	Tipos de feições	Área Total	Atividade	Peso relativo normalizado
Número de feições	1	3	5/2	3/2	0.420648
Tipos de feições	1/3	1	2	3	0.27732
Área Total	2/5	½	1	½	0.119165
Atividade	2/3	1/3	2	1	0.182867
	AVMáx.=4.342	I.C=0.114	R.C=0.126		

As matrizes (tabelas 5.32 a 5.38) relativas aos componentes e atributos apresentam valores de índice de consistência melhores que as relativas as comparações entre os componentes, e de acordo com o preconizado pela técnica AHP.

Tabela 5. 39 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo de material inconsolidado.

COLÚVIO/ TALUS	RESIDUAL MADURO ARENOSO	RESIDUAL MADURO SILTO/ARGIL OSO	RESIDUAL JOVEM ARENOSO	RESIDUAL JOVEM SILTO/ARGIL OSO	SAPRÓLITO ARENOSO	SAPRÓLITO SILTO/ARGIL OSO	ATERROS	AUSÊNCIA	Peso relativo normalizado
COLÚVIO/TALUS 1	2	3	3/2	5/2	3	4	1	9	0.204767
RESIDUAL MADURO ARENOSO 1/2	1	3	1/2	3	1/2	5/2	1/4	9	0.106292
RESIDUAL MADURO SILTO/ARGILOSO 1/3	1/3	1	1/4	2	1/4	2	1/3	5	0.062134
RESIDUAL JOVEM ARENOSO 2/3	2	4	1	3	1/2	5/2	1/2	7	0.136772
RESIDUAL JOVEM SILTO/ARGILOSO 2/5	1/3	1/2	1/3	1	1/4	3/2	2/5	4	0.053146
SAPRÓLITO ARENOSO 1/3	2	4	2	4	1	2	1/2	7	0.155139
SAPRÓLITO SILTO/ARGILOSO 1/4	2/5	1/2	2/5	2/3	1/2	1	1/4	4	0.048066
ATERROS 1	4	3	2	5/2	2	4	1	9	0.217663
AUSÊNCIA 1/9	1/9	1/5	1/7	1/4	1/7	1/4	1/9	1	0.016022
AVMáx.=9.584	I.C=0.073	R.C=0.050							

Tabela 5. 40 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo grau de alteração e materiais antropogênicos

	A5 (ISRM) – SOLOS SAPROLÍTICOS	A6 (ISRM) – SOLOS RESIDUAIS	COLÚVIOS	ATERROS NÃO COMPACTADOS	DEPÓSITOS DE REJEITOS E RESÍDUOS	ALUVIÕES	AUSÊNCIA	Peso relativo normalizado
A5 (ISRM) – SOLOS SAPROLÍTICOS	1	3/2	1/3	1/4	1/3	2	2	0.077798
A6 (ISRM) – SOLOS RESIDUAIS	2/3	1	1/4	1/5	1/4	2	2	0.063694
COLÚVIOS	3	4	1	3/2	2	6	9	0.295723
ATERROS NÃO COMPACTADOS	4	5	2/3	1	1/2	2	8	0.203822
DEPÓSITOS DE REJEITOS E RESÍDUOS	3	4	1/2	2	1	6	7	0.247953
ALUVIÕES	2	1/2	1/6	1/2	1/6	1	2	0.066424
AUSÊNCIA	2	1/2	1/9	1/8	1/7	1/2	1	0.044586
	AVMáx.=8.065	I.C=0.177	R.C=0.134					

Tabela 5. 41 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo espessura do material consolidado.

	< 2 m	2 a 10 m	> 10 m	AUSÊNCIA	Peso relativo normalizado
< 2 m	1	3	5	9	0.594156
2 a 10 m	1/3	1	2	4	0.222078
> 10 m	1/5	1/2	1	3	0.129221
AUSÊNCIA	1/9	1/4	1/3	1	0.054545
	AVMáx.=4.034	I.C=0.011	R.C=0.012		

Tabela 5. 42 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo descontinuidade mais provável para ruptura.

	MATERIAL INCONSOLIDAD O/ROCHA	MATERIAL INCONSOLIDAD O RESIDUAL SOBRE SAPRÓLITO	FRATURAS, JUNTAS, OUTRAS DESC. TECTÔNICAS	CONTATOS LITOLÓGICOS	OUTROS	AUSÊNCIA	Peso relativo normalizado
MATERIAL INCONSOLIDADO/ROCHA	1	2	3	4	5	8	0.401504
MATERIAL INCONSOLIDADO RESIDUAL SOBRE SAPRÓLITO	1/2	1	3/2	2	5/2	6	0.213033
FRATURAS, JUNTAS, OUTRAS DESC. TECTÔNICAS	1/3	2/3	1	2	3/2	5	0.158396
CONTATOS LITOLÓGICOS	1/4	1/2	1/2	1	2	3	0.109774
OUTROS	1/5	2/5	2/3	1/2	1	2	0.079198
AUSÊNCIA	1/8	1/6	1/5	1/3	1/2	1	0.038095
	AVMáx.=6.084	I.C=0.016	R.C=0.013				

Tabela 5. 43 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo de ocupação.

	Edificações residenciais e infra-estrutura (vias, energia, água, saneamento, ETC.)	edificações residenciais, privadas ou públicas de uso contínuo ou esporádico, Infra-estrutura (vias, energia, água, saneamento etc.)	Edificações comerciais e industriais	Áreas abertas (praças, parques esportivos, quadras, etc.)	AGROPECUÁRIA	SEM USO (SEM CONSTRUÇÃO)	Peso relativo normalizado
Edificações residenciais e infra-estrutura (vias, energia, água, saneamento, ETC.)	1	2	3	4	5	6	0.402792
edificações residenciais, privadas ou públicas de uso contínuo ou esporádico, Infra-estrutura (vias, energia, água, saneam. etc.)	1/2	1	3/2	2	3	4	0.217846
Edificações comerciais e industriais	1/3	2/3	1	6/5	3/2	2	0.129611
Áreas abertas (praças, parques esportivos, quadras, etc.)	1/4	1/2	5/6	1	3/2	2	0.110668
AGROPECUÁRIA	1/5	1/3	2/3	2/3	1	3/2	0.080259
SEM USO (SEM CONSTRUÇÃO)	1/6	1/4	1/2	1/2	2/3	1	0.058824
	AVMáx.=6.016	I.C=0.003	R.C=0.002				

Tabela 5. 44 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo área ocupada pelo uso na cela.

	< 5%	5 a 20%	20 a 50%	50 a 90%	> 90%	Peso relativo normalizado
< 5%	1	2/3	1/2	2/5	1/3	0.402792
5 a 20%	3/2	1	2/3	1/2	2/5	0.217846
20 a 50%	2	3/2	1	2/3	1/2	0.129611
50 a 90%	5/2	2	3/2	1	2/3	0.110668
> 90%	3	5/2	2	3/2	1	0.080259
	AVMáx.=5,014	I.C=0.0035	R.C=0.003			

Tabela 5. 45 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo número de taludes artificiais.

	< 2	2 a 5	5 a 10	> 10	Peso relativo normalizado
< 2	1	1/3	1/5	1/7	0.055521
2 a 5	3	1	1/4	1/6	0.106675
5 a 10	5	4	1	1/2	0.310044
> 10	7	6	2	1	0.52776
	AVMáx.=4.119	I.C=0.039	R.C=0.044		

Tabela 5. 46 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo declividade das encostas.

	< 10%	10 a 30%	30 a 45%	45 a 70%	70 a 100%	> 100%	Peso relativo normalizado
< 10%	1	1/2	1/3	1/5	1/7	1/8	0.034607
10 a 30%	2	1	1/2	1/4	1/5	1/6	0.053719
30 a 45%	3	2	1	2/3	1/3	1/5	0.094525
45 a 70%	5	4	3/2	1	1/2	1/3	0.155992
70 a 100%	7	5	3	2	1	1/2	0.257231
> 100%	8	6	5	3	2	1	0.403926
	AVMáx.=6.094	I.C=0.018	R.C=0.015				

Tabela 5. 47 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo amplitude de relevo.

	< 10 m	10 a 20 m	20 a 35 m	35 a 50 m	> 50 m	Peso relativo normalizado
< 10 m	1	1/2	1/3	1/5	1/6	0.055345
10 a 20 m	2	1	1/2	1/3	1/4	0.094411
20 a 35 m	3	2	1	1/2	1/3	0.155182
35 a 50 m	4	3	2	1	1/2	0.255562
> 50 m	6	5	3	2	1	0.439501
	AVM _{máx} = 5.05	I.C = 0.012	R.C = 0.011			

Tabela 5. 48 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo comprimento das encostas.

	< 20 m	20 a 35 m	35 a 70 m	> 70 m	Peso relativo normalizado
< 20 m	1	1/2	1/3	1/5	0.087995
20 a 35 m	2	1	1/2	1/3	0.15676
35 a 70 m	3	2	1	1/2	0.272145
> 70 m	5	3	2	1	0.087995
	AVMáx.=4.015	I.C=0.005	R.C=0.005		

Tabela 5. 49 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo curvatura das encostas.

	LINEAR/ CONCAVA	CONVEXA/ CONCAVA	CÔNCAVA/ CONCAVA	LINEAR/ CONVEXA	CONVEXA/ CONVEXA	CÔNCAVA/ CONVEXA	LINEAR/ LINEAR	CONVEXA/ LINEAR	CÔNCAVA/ LINEAR	Peso relativo normalizado
LINEAR/CONCAVA	1	2	1/2	3	4	2	2	5/2	3/2	0.161087
CONVEXA/CONCAVA	1/2	1	1/3	2	3	2	3	4	2	0.139819
CÔNCAVA/CONCAVA	2	3	1	3	6	4	5	6	2	0.269791
LINEAR/CONVEXA	1/3	1/2	1/3	1	3	2	4/3	3	1/2	0.086254
CONVEXA/CONVEXA	1/4	1/3	1/3	1/3	1	1/4	1/3	1/2	1/4	0.034659
CÔNCAVA/CONVEXA	1/2	1/2	1/4	1/2	4	1	2	3	1/2	0.081134
LINEAR/LINEAR	1/2	1/3	1/5	3/4	3	1/2	1	3/2	1/3	0.057503
CONVEXA/LINEAR	2/5	1/4	1/6	1/3	2	1/3	2/3	1	1/4	0.039779
CÔNCAVA/LINEAR	2/3	1/2	1/2	2	4	2	3	4	1	0.129972
	AVMáx.=9.587	I.C=0.073	R.C=0.050							

Tabela 5. 50 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo trajetória

	UMA CELA	DUAS CELAS	TRÊS CELAS	QUATRO CELAS	MAIS DE QUATRO CELAS	Peso relativo normalizado
UMA CELA	1	2/3	1/2	2/5	1/4	0.093057
DUAS CELAS	3/2	1	2/3	3/4	1/2	0.150916
TRÊS CELAS	2	3/2	1	4/5	3/5	0.197203
QUATRO CELAS	5/2	4/3	5/4	1	2/3	0.225169
MAIS DE QUATRO CELAS	4	2	5/3	3/2	1	0.333655
	AVMáx.=5.015	I.C=0.003	R.C=0.003			

Tabela 5. 51 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo número de superfícies.

	UMA	DUAS	TRÊS	QUATRO OU MAIS	Peso relativo normalizado
UMA	1	1/2	1/3	1/4	0.095293
DUAS	2	1	1/2	1/3	0.160161
TRÊS	3	2	1	1/2	0.277268
QUATRO OU MAIS	4	3	2	1	0.467279
	AVMáx.=4.031	I.C=0.010	R.C=0.011		

Tabela 5. 52 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo posição na encosta.

	TERÇO SUPERIOR	TERÇO MÉDIO	TERÇO INFERIOR	Peso relativo normalizado
TERÇO SUPERIOR	1	1/2	2/3	0.217178
TERÇO MÉDIO	2	1	2	0.49816
TERÇO INFERIOR	3/2 AVMáx.=3.018	1/2 I.C=0.009	1 R.C=0.015	0.284663

Tabela 5. 53 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo de vegetação.

	CAMPO CERRADO	CERRADO COM ROCHAS	QUINTAIS E POMARES	MATA	Peso relativo normalizado
CAMPO CERRADO	1	2	3	1/3	0.241964
CERRADO COM ROCHAS	1/2	1	2	1/5	0.138515
QUINTAIS E POMARES	1/3	1/2	1	1/2	0.120397
MATA	3	5	2	1	0.499123
	AVMáx.=4.325	I.C=0.108	R.C=0.120		

Tabela 5. 54 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo área ocupada pela vegetação.

	< 5%	5 a 20%	20 a 70%	> 70%	Peso relativo normalizado
< 5%	1	1/3	1/5	1/7	0.054003
5 a 20%	3	1	1/4	1/5	0.10864
20 a 70%	5	4	1	1/3	0.280813
> 70%	7	5	3	1	0.556544
	AVMáx.=4.171	I.C=0.057	R.C=0.063		

Tabela 5. 55 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipo predominante de litologia

	XISTO	QUARTZITO	ITABIRITO	FILITO	Peso relativo normalizado
XISTO	1	3	2	1/3	0.237288
QUARTZITO	1/3	1	1/2	1/4	0.091404
ITABIRITO	1/2	2	1	1/4	0.140436
FILITO	3	4	4	1	0.530872
	AVMáx.=4.087	I.C=0.029	R.C=0.032		

Tabela 5. 56 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipos de litologia que ocorrem na cela

	QUARTZITO/ XISTO	QUARTIZITO/ ITABIRITO	QUARTZITO/ XISTO/ITABIRITO	FILITO/QUARTZITO /ITABIRITO	Peso relativo normalizado
QUARTZITO/XISTO	1	2	1/3	1/5	0.112658
QUARTIZITO/ITABIRITO	1/2	1	1/3	1/6	0.075316
QUARTZITO/XISTO/ ITABIRITO	3	3	1	1/3	0.244304
FILITO/QUARTZITO/ ITABIRITO	5	6	3	1	0.567722
	AVMáx.=4.079	I.C=0.026	R.C=0.029		

Tabela 5. 57 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo características de relação entre as litologias

	INTERCALADOS	ASSOCIADOS	LENTEs OU PRESENÇA	Peso relativo normalizado
INTERCALADOS	1	4	2	0.571709
ASSOCIADOS	1/4	1	1/2	0.142764
LENTEs OU PRESENÇA	1/2	2	1	0.285527
	AVMáx.=3.000	I.C=0.00	R.C=0.00	

Tabela 5. 58 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo resistência mecânica da litologia.

	BRANDA	DURA	INTERCALADA/ASSOCIADA	FRIÁVEL	Peso relativo normalizado
BRANDA	1	3	2	1/3	0.229419
DURA	1/3	1	1/5	1/7	0.059322
INTERCALADA/ ASSOCIADA	1/2	5	1	1/3	0.185835
FRIÁVEL	3	7	3	1	0.525424
	AVMáx.=4.164	I.C=0.054	R.C=0.060		

Tabela 5. 59 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo número de feições de movimentos de massa gravitacionais .

	NENHUMA	UMA	DUAS	MAIS DO QUE DUAS	Peso relativo normalizado
NENHUMA	1	1/3	1/5	1/7	0.052872
UMA	3	1	2/7	1/5	0.108355
DUAS	5	7/2	1	1/4	0.246736
MAIS DO QUE DUAS	7	5	4	1	0.592037
	AVMáx.=4.21	I.C=0.07	R.C=0.077		

Tabela 5. 60 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo tipos de feições de movimentos de massa gravitacionais.

	NENHUMA	ESCORREGA- MENTO T. ROCHA	ESCORREGA- MENTO T. SOLO	MOVIMENTO COMPLEXO	EROSÃO	EROSÃO INTERNA	ATERRO	BOTA-FORA	QUEDA DE BLOCO	Peso relativo normalizado
NENHUMA	1	1/9	1/9	1/8	1/3	1/4	1/5	1/5	1/6	0.016807
ESCORREGAMEN -TO T. ROCHA	9	1	1/2	3/2	4	3	5	3	2	0.192877
ESCORREGAMEN -TO T. SOLO	9	2	1	2	7	5	4	3	2	0.251701
MOVIMENTO COMPLEXO	8	2/3	1/2	1	6	5	4	2	3/2	0.17487
EROSÃO	3	1/4	1/7	1/6	1	2	1/2	1/3	1/5	0.041617
EROSÃO INTERNA	4	1/3	1/5	1/5	1/2	1	2/3	2	2/3	0.060824
ATERRO	5	1/5	1/4	1/4	2	3/2	1	1/2	2	0.071228
BOTA-FORA	5	1/3	1/3	1/2	3	1/2	2	1	3	0.09964
QUEDA DE BLOCO	6	1/2	1/2	2/3	5	3/2	1/2	1/3	1	0.090436
AVM _{áx.} =9.93	I.C=0.116	R.C=0.080								

Tabela 5. 61 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo área das feições de movimentos de massa gravitacionais em cada cela.

	AUSÊNCIA	< 25%	25 a 50%	50 a 75%	75 a 100%	Peso relativo normalizado
AUSÊNCIA	1	1/4	1/5	1/7	1/9	0.035223
< 25%	4	1	1/2	1/3	1/5	0.097413
25 a 50%	5	2	1	1/2	1/3	0.159604
50 a 75%	7	3	2	1	1/2	0.264172
75 a 100%	9	4	3	2	1	0.443588
	AVMáx.=5.079	I.C=0.019	R.C=0.017			

Tabela 5. 62 – Matriz com os pesos relativos às classes do atributo atividade das feições de movimentos de massa gravitacionais .

	AUSÊNCIA	ATIVO	DORMENTE	DORMENTE	Peso relativo normalizado
AUSÊNCIA	1	1/7	1/5	1/2	0.067342
ATIVO	7	1	2	3	0.494636
DORMENTE	5	1/2	1	2	0.290822
ESTABILIZADO	2	1/3	1/2	1	0.147199
	AVMáx.=4.018	I.C=0.006	R.C=0.006		

As matrizes (tabelas 5.39 a 5.62) relativas aos atributos e suas classes apresentam valores de Índice de Consistência adequados.

A partir da aplicação total da análise hierárquica os INDICES FINAIS DE INSTABILIZAÇÃO DAS ENCOSTAS (IFIE) para cada cela encontram se nas tabelas 5.63, 5.64 e 5.65. Os IFIE foram obtidos com o somatório dos pesos relativos normalizados das classes multiplicados pelos dos atributos e dos componentes, seqüencialmente, conforme apresentados nas tabelas citadas anteriormente.

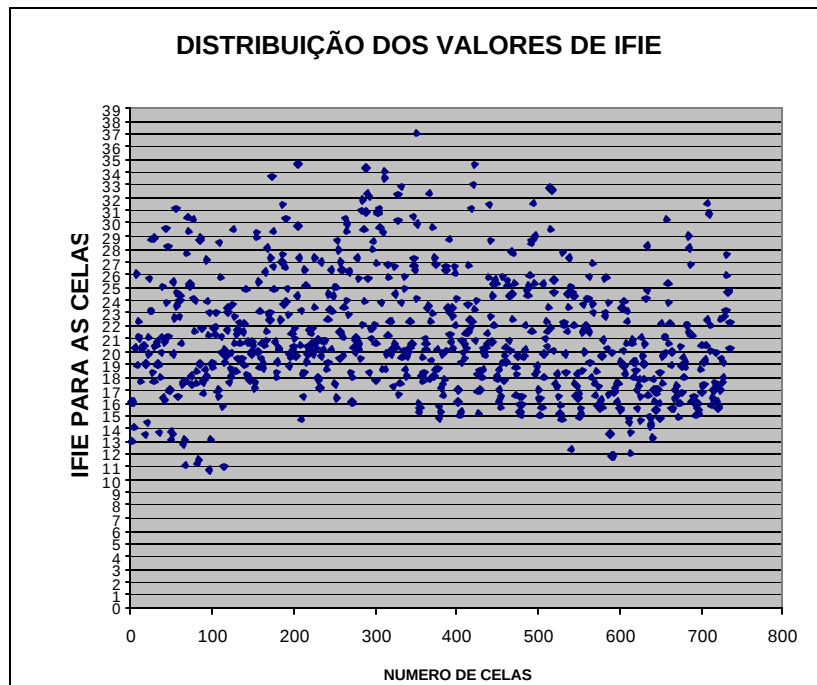


Figura 5. 6 – Distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo considerando os 7 componentes básicos.

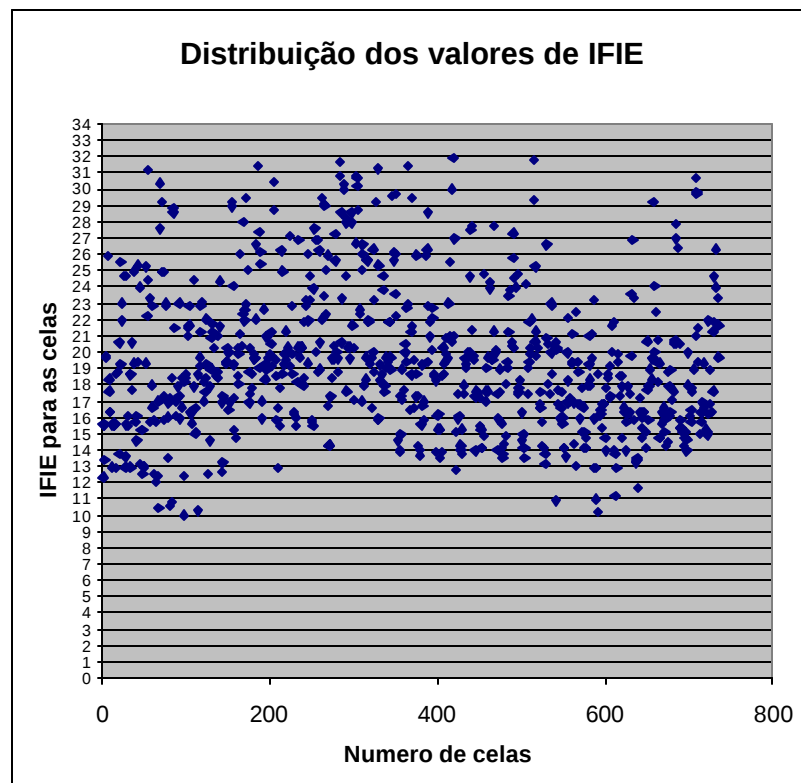


Figura 5. 7 – Distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo considerando seis dos componentes.

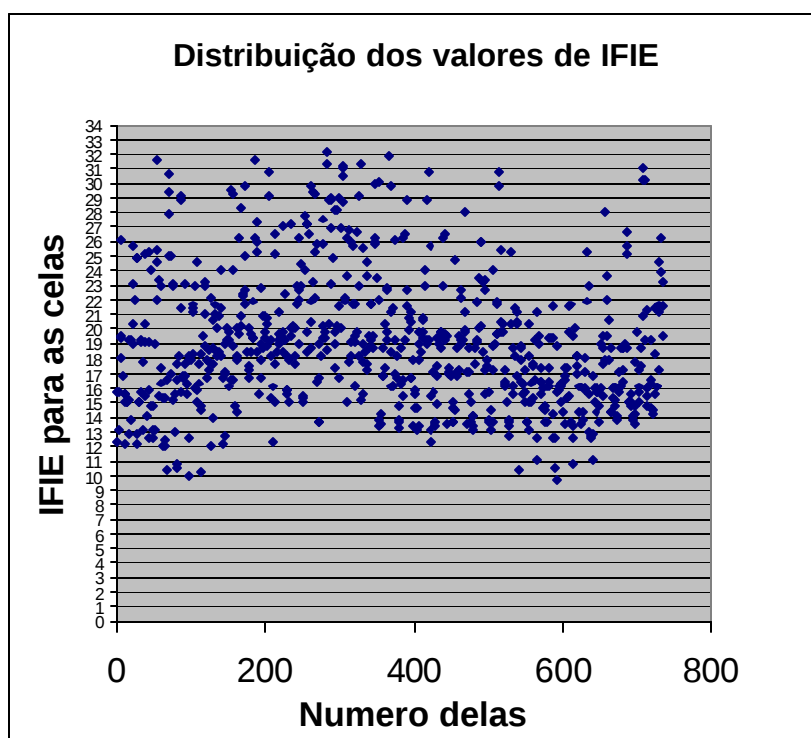


Figura 5.8 – Distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo, considerando cinco dos componentes básicos.

A Figura 5.6 apresenta a distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo considerando os 7 componentes básicos (material inconsolidado, litologia, usos, vegetação, relevo 1, relevo 2 e feições).

A Figura 5.7 apresenta a distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo considerando os 6 componentes básicos (material inconsolidado, litologia, vegetação, relevo 1, relevo 2 e feições).

A Figura 5.8 apresenta a distribuição das celas quanto aos valores decorrentes da soma da importância de cada atributo considerando os 5 componentes básicos (material inconsolidado, litologia, usos, relevo 1, relevo 2 e feições).

A partir dos IFIEs obtidos e constantes das tabelas 5.63, 5.64 e 5.65 foram elaborados os gráficos das figuras 5.6, 5.7 e 5.8 onde pode ser observada a variação de valores extremos e das médias e desvio padrão. Para o primeiro caso onde considerou-se 7 componentes e 24 atributos e suas respectivas classes tem-se média de 21,035 e o desvio padrão de 4,585, no segundo caso onde tem-se 6 componentes e 21 atributos e classes a média foi 19,344 e o desvio padrão 4,399 e, finalmente para o terceiro caso onde considerou-se 5 componentes e 10 atributos e classes a média foi 18,971 enquanto o desvio padrão foi de 4,554. As classes apresentadas para os três casos foram elaboradas considerando as médias e os valores de

desvio padrão. Ressalta se que quanto maior o valor de IFIEs maior é o grau de instabilização da encosta dentro de cada cela.

Tabela 5. 66 – Classes finais definidas a partir dos INDICES FINAIS QUANTO A INSTABILIZAÇÃO DAS ENCOSTAS (IFIE).

A - PORCENTAGENS PARA A CONDIÇÃO COM TODOS OS COMPONENTES

CLASSES	FREQUENCIA	PORCENTAGEM
37.062	23	3.125
31	45	6.11413
28	72	9.782609
25	78	10.59783
23	178	24.18478
20	137	18.61413
18	163	22.14674
15	29	3.940217
13	3	0.407609
12	8	1.086957
10.76		

B - PORCENTAGENS PARA A CONDIÇÃO SEM USO

CLASSES	FREQUENCIA	PORCENTAGEM
37.062	7	0.951087
31	34	4.619565
28	53	7.201087
25	41	5.570652
23	127	17.25543
20	159	21.60326
18	214	29.07609
15	73	9.918478
13	18	2.445652
12	10	1.358696
9.73		

C - PORCENTAGENS PARA A CONDIÇÃO SEM USO E VEGETAÇÃO

CLASSES	FREQUENCIA	PORCENTAGEM
37.062	9	1.222826
31	34	4.619565
28	52	7.065217
25	35	4.755435
23	105	14.2663
20	158	21.46739
18	206	27.98913
15	100	13.58696
13	24	3.26087
12	13	1.766304
9.73		

5.2.8 – Condições para a Tomada de Decisão:

Baseando-se nas alternativas apresentadas no Capítulo 4, e reapresentadas resumidamente a seguir, nos resultados obtidos através do tratamento dos dados e que levaram a definição das classes (Tabela 5.66) e nos tipos de usos (Anexos 30 e 31) foram analisadas as 736 celas em termos da adoção de uma ou mais medidas relativas as diferentes alternativas.

Para o caso específico de Movimentos de Massa Gravitacionais, diversos tipos de alternativas como Planejamento, Remanejamento, Instalação de Medidas Estruturais, Retirada Temporária, Retirada Definitiva, Monitoramento dos Eventos e a condição de área estável, são medidas de intervenção que foram consideradas.

Para a definição do grau de instabilização, foram considerados a média e o desvio de cada uma das três situações (todos os componentes; sem os componentes relativos ao uso do solo; sem os componentes relativos a vegetação e ao uso do solo)

Os limites obtidos para definição do grau de instabilização da área em cada uma das três situações apresentadas foram:

- a) todos os componentes: alto grau (valores superiores a 25,62), médio grau (valores entre 25,62 e 16,45), baixo grau (valores inferiores a 16,45);
- b) componentes sem uso do solo: alto grau (valores superiores a 23,74), médio grau (valores entre 23,74 e 14,95), baixo grau (valores inferiores a 14,95);
- c) componentes sem vegetação e uso: alto grau (valores superiores a 23,53), médio grau (valores entre 23,53 e 14,42), baixo grau (valores inferiores a 14,42)

A situação considerando todos os componentes apresenta uma porcentagem em torno de 29% da área com o alto grau de instabilidade, 66% para o médio grau de instabilidade e 5% para o baixo grau de instabilidade.

Ao considerar a exclusão do componente Uso do Solo, as porcentagem apresentam a seguinte variação: 35% para o alto grau de instabilidade, 61% para o médio e 4% para o baixo grau de instabilidade.

Excluindo-se, ainda, os componentes Vegetação e Uso do Solo, obtêm-se a seguinte variação: 32% da área apresentando alto grau de instabilidade, 63% para o médio e 5% para o baixo grau de instabilidade.

Tabela 5. 67 – Principais medidas e alternativas que nortearam a tomada de decisão.

Alternativa	Característica Básica
Planejamento	Caracteriza-se por fazer parte do planejamento territorial municipal, na maioria das vezes, devendo estar contemplado no Plano Diretor ou nas diretrizes municipais. Este passo é anterior a qualquer forma de ocupação, pois através do planejamento que serão definidos os tipos de uso do solo, considerando as características do meio físico. Caso o terreno encontre ocupado, esta opção para tomada de decisão deverá ser descartada, voltando a ser considerada, somente no caso de alteração do tipo de uso do solo no local;
Remanejamento	Uma vez a área estando ocupada (opção válida para qualquer tipo de ocupação, seja ela por construções públicas ou privadas, ruas, áreas de lazer, agricultura, pecuária, ou outro tipo de uso do solo), deverá ser verificada a necessidade de alteração seja em termos de projeto e de usos, ou de tipos de ocupação, mudanças espaciais e/ou temporais.
Instalação de Medidas Estruturais	Estando a área ocupada ou não e dependendo da extensão que evento perigoso possa atingir, considerando ainda a necessidade de se propor uma medida definitiva corretiva ou mitigadora, onde o fator custo não seja impeditivo, poderão ser propostas medidas estruturais como a construção de muro de arrimo, barragem, cortina atirantada, chumbamento, dentre outras;
Retirada Temporária	Medida utilizada no caso de serem verificados problemas eminentes devido a situações esporádicas, onde não existe a possibilidade de instalação de outro tipo de medida, seja pela relação custo vs. benefício que apresenta índice incompatível com a tomada de medidas estruturais ou devido a densidade de ocupação não permitir a tomada de tais medidas (como no caso de favelas). Pode ser adotada, ainda, quando as condições naturais não permitirem ou não existir tempo suficiente para adotar outra alternativa, o que não exime de um estudo posterior da área afim de que seja tomada uma decisão mais efetiva para a solução dos problemas de instabilidade.
Retirada Definitiva	Possui o mesmo caráter básico da retirada temporária, exceto no que se refere a alteração natural, uma vez que, neste caso, o risco pode se tornar definitivo, a área ser extensa o suficiente para impossibilitar outras medidas, o tipo de ocupação ser incompatível com as características do local, dentre outras. Neste caso é necessário verificar a possibilidade de combinação desta tomada de decisão com o remanejamento, a fim de impossibilitar nova ocupação no local;
Monitoramento	Dentro deste contexto, os procedimentos menos onerosos para monitoramento de áreas sujeitas a movimentos de massa gravitacionais são aqueles que permitem a obtenção dos dados através do uso das técnicas relacionadas ao Sensoriamento Remoto (seja através de Levantamento Aerofotogramétrico ou Imageamento por Satélites). Os procedimentos relacionados à obtenção de informações <i>in situ</i> (Trabalhos de Campo), são geralmente mais onerosos, mas são os que garantem maior precisão permitindo um acompanhamento mais detalhado dos processos como, por exemplo, o a obtenção de dados relativos ao volume de chuva em uma determinada época através da implantação de equipamentos de monitoramento das chuvas no local ou também o acompanhamento da movimentação de uma encosta através da instrumentação da mesma com inclinômetros ou através de trabalhos topográficos.
Área Estável	Assim como existem áreas naturalmente susceptíveis a movimentos de massa gravitacionais, existem outras que caracterizam - se por não apresentar esta susceptibilidade naturalmente, o que poderá vir a ocorrer, conforme seu manejo (atividades antrópicas), estas áreas estão associadas a baixos valores de IFIE com relação ao uso e ocupação

Pode-se perceber, através da análise dos valores de média $\pm$ desvio que o grau de instabilização “baixo” se mantém em torno de 4 e 5% da área estudada, se forem considerados todos os componentes ou retirados os componentes relativos ao uso do solo e vegetação. Já o grau de instabilização “médio”, sofre uma variação mais acentuada quando são excluídos da

análise os componentes (-5% com relação a todos os componentes, excluindo o uso do solo e -3% com relação a todos os componentes, excluindo a vegetação e o uso do solo), apresentando similaridade ao grau de instabilização “baixo”. O que chama a atenção é quando da análise do grau de instabilização “alto” que apresenta uma anomalia em termos de porcentagens de celas são classificadas como de alto grau de instabilização, uma vez que a tendência deste valor deveria ser a de decrescer (visto que o componente uso do solo não é considerado mais importante do que o componente litologia), e apresenta um acréscimo em torno de 6% em relação a análise de todos os componentes e 3% em relação a análise dos componentes excluindo aqueles relativos a vegetação e uso do solo mostrando que pode existir uma consideração em termos de pesos para os componentes uso do solo, incompatíveis com aqueles considerados para a litologia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A																																				
B																																				
C																																				
D																																				
E																																				
F																																				
G																																				
H																																				
I																																				
J																																				
K																																				
L																																				
M																																				
N																																				
O																																				
P																																				
Q																																				
R																																				
S																																				
T																																				
U																																				
V																																				
X																																				
Z																																				

Figura 5. 9 – Distribuição das alternativas consideradas para cada cela.

Portanto, foram consideradas as seguintes alternativas, com relação ao tipo de uso do solo:

1 – Edificações residenciais e infra-estrutura: considerando que para este tipo de uso, a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais pode gerar além de perdas materiais, perdas humanas e que, deve ser considerado como ocupação efetiva as 24 horas do dia, concluiu-se que não cabe, para este tipo de uso do solo, medida do tipo planejamento, uma vez que esta medida somente será adotada em áreas ainda não ocupadas; as medidas remanejamento, medidas estruturais, retirada temporária, retirada definitiva e monitoramento, foram consideradas em mesmo nível e irão depender da classificação do grau de instabilidade da área, para serem definidas como medidas a serem aplicadas. A medida para áreas estáveis, será aplicada quando o grau de instabilização for baixo. As medidas retirada definitiva e medidas estruturais são aconselháveis para quando o grau de instabilização for elevado e as demais medidas (remanejamento, retirada temporária e monitoramento) são aconselhadas para as áreas onde o grau de instabilização é classificado como médio;

2 – Edificações residenciais privadas ou públicas de uso contínuo ou esporádico e infra-estrutura: foram considerados os mesmos parâmetros usado na análise do item um mas, por ser um local que apresenta maior densidade de ocupação, deverão ser observadas as medidas a serem tomadas, uma vez que a seleção da medida retirada definitiva possa ser mais onerosa do que a adoção de medidas estruturais. Neste caso, o decisor deverá optar por fazer um levantamento das duas possibilidades, recorrendo, caso necessário, a profissionais de engenharia que possam fornecer o necessário suporte.

3 – Edificações comerciais e industriais: ao considerar este tipo de uso, a ocorrência de movimentos de massa gravitacionais irá gerar perdas materiais numa proporção de 90% em relação a perdas humanas, portanto, considerou-se que a medida planejamento não cabe neste tipo de uso devido às características necessárias, anteriormente ditas e que as medidas remanejamento e retirada temporária deverão ser vistas com restrição devido às próprias características do uso e aplicadas somente se não houver outra medida possível e em áreas que apresentarem alto grau de instabilização. Constatou-se, portanto, que as medidas que se mostram mais adequadas para aplicação nas áreas que apresentaram alto ou médio grau de instabilização são: medidas estruturais, retirada definitiva e monitoramento e que a seleção de uma delas irá depender da relação custo vs benefício que se apresentar no momento que o decisor precisar optar por uma delas. Como dito anteriormente, a seleção do tipo área estável está diretamente ligado a caracterização das áreas como área de baixo grau de instabilização;

4 – Áreas abertas: este tipo de área apresenta uma peculiaridade que é a ocupação humana esporádica e que, portanto, permite tomadas de decisão mais simples e não onerosas por um período de tempo comparativamente maior do que as anteriormente descritas. Para este tipo de uso, considerou-se que as medidas planejamento e retirada temporária sejam não adequadas, assim como os demais usos anteriores. As medidas remanejamento, estruturais e retirada definitiva não se mostraram muito adequadas uma vez que o remanejamento trata de buscar outros tipos de ocupação do local, as medidas estruturais podem apresentar custo não compatível (relação custo vs benefício) e a medida retirada definitiva pode ser não aplicável, portanto, as medidas que apresentaram maior adequação foram o monitoramento e a definição de área estável (esta para quando a área apresentar baixo grau de instabilização)

5 – Agropecuária: por se tratar de uma área onde a relação de perdas e danos será em torno de 99% ligada a perdas materiais e devido às próprias características do uso, a medida retirada temporária foi considerada não adequada, já a medida planejamento (para áreas que apresentem baixo a médio grau de instabilidade) poderá ser contemplada, uma vez que esta área é natural para expansão do meio urbano (o que levará a uma alteração no tipo de uso que deverá ser definida pelo órgão municipal responsável). As medidas remanejamento, medidas estruturais e retirada definitiva são vistas com alguma restrição, considerando que o remanejamento só deverá ser adotado para áreas que apresentem baixo a médio grau de instabilização, as medidas estruturais somente deverão ser adotadas se houverem outras características (por exemplo a existências de barragens) que possam causar maiores danos e as medida retirada definitiva somente deverá ser adotada em caso de alto grau de instabilização associado a construções. A medida monitoramento poderá ser adotada em qualquer grau de instabilidade que a área apresentar e área estável somente será considerada aquela que o grau de instabilidade de apresentar como baixo.

6 – Sem uso: as medidas remanejamento, retirada temporária e retirada definitiva não são aplicáveis a este tipo de uso, uma vez que são medidas relacionadas a ocupação antrópica. As medidas planejamento (baixo e médio grau de instabilidade para futura ocupação antrópica) monitoramento (médio grau para futura ocupação antrópica e alto grau para verificação da evolução) e área estável (quando apresenta baixo grau de instabilidade) são as mais adequadas.

5.2.9 – Zoneamento baseado na Tomada de Decisão:

A carta de zoneamento das áreas apresentada na Figura 5.9, analisada em conjunto com os códigos a seguir, representam as possíveis opções, em termos hierárquicos, para a tomada de decisão.

Tipos de Ocupação:

- 1 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO, ETC.)
- 2 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, PRIVADAS OU PÚBLICAS DE USO CONTÍNUO OU ESPORÁDICO, INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO ETC.)
- 3 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS E INDUSTRIAIS
- 4 – ÁREAS ABERTAS (PRAÇAS, PARQUES ESPORTIVOS, QUADRAS, ETC.)
- 5 – AGROPECUÁRIA
- 6 – SEM USO (SEM CONSTRUÇÃO)

Alternativas:

- 1 – PLANEJAMENTO
- 2 – REMANEJAMENTO
- 3 – MEDIDAS ESTRUTURAIS
- 4 – RETIRADA TEMPORÁRIA
- 5 – RETIRADA DEFINITIVA
- 6 – MONITORAMENTO
- 7 – ÁREA ESTÁVEL

Instabilidade quanto a M.M.G :

- 1 – ALTO GRAU DE INSTABILIDADE
- 2 – MÉDIO GRAU DE INSTABILIDADE
- 3 – BAIXO GRAU DE INSTABILIDADE

Optou-se por definir um terceiro código baseado nos códigos utilizados para grau de instabilidade e tipos de uso do solo (sequencialmente) afim de obter a classificação apresentada, onde as linhas representam os tipos de uso e as colunas as alternativas:

	1	2	3	4	5	6	7
1	N	S	S	S	S	S	R
2	N	S	S	S	S	S	R
3	N	R	S	R	S	S	R
4	N	R	R	N	R	S	R
5	S	R	R	N	R	S	R
6	S	N	R	N	N	S	R

Onde: N: não aplicável

S: aplicável

R: aplicável com restrições

5.2.10 – Gerenciamento do Banco de Dados:

Considerando o grande volume de dados obtidos através da manipulação e tratamento dos dados existentes, faz-se necessária a organização e o controle destes dados, para que os mesmos possam ser disponibilizados para outros usuários, quando se fizer necessário.

Uma vez que as informações adquiridas, manipuladas e tratadas possuem os mais diversos formatos, estas devem ser armazenadas em meio magnético e em papel afim de facilitar a consulta caso seja necessário (como por exemplo afim de se obter informações sobre as medidas a serem tomadas em uma determinada região, no caso de uma emergência).

Considerando a estrutura e características administrativas do município de Ouro Preto, informações desta natureza devem estar de posse da Prefeitura e/ou Defesa Civil. Considerando que o município está inserido dentro de uma região turística devido às características de seu Patrimônio Histórico é grande o interesse em detectar áreas que apresentem médio e alto grau de instabilidade afim de promover, quando possível, medidas preventivas.

6 – CONCLUSÕES

A partir do desenvolvimento do presente trabalho, podem ser destacados os seguintes itens:

? As informações produzidas por mapeamentos geotécnicos, mesmo em escalas menores, são passíveis de uso em outros tipos de análise, desde que as informações neles reproduzidas estejam compatíveis com a escala selecionada para estudo.

? Os mapas produzidos a partir do mapeamento geotécnico, mesmo que para outros fins, permitem a obtenção de atributos relacionados aos estudos dos movimentos de massa gravitacionais, considerando que informações básicas como relevo, vegetação, uso e ocupação, litologia/pedologia, sempre são adquiridas.

? A seleção dos atributos que serão considerados na análise deve ser executada com bastante critério afim de se evitar super ou subvalorização de determinada característica do meio físico, contemplando-a em mais de uma análise (atributo) ou deixando de contemplá-la.

? A seleção da área mínima do tipo cela contribuiu para facilitar a análise das características de cada porção da área selecionada.

? A subdivisão da área em um número muito grande de celas como no presente trabalho, dificulta o controle e análise dos dados, quando executados manualmente.

? A adequada compatibilidade das informações geológico-geotécnicas aliadas a um bom mapa topográfico é fundamental quando se trabalha com a divisão da área em celas.

? O tratamento dos dados, de forma manual (com uso de softwares pouco sofisticados como planilhas eletrônicas), possibilita um maior controle dos dados, permitindo perceber a inconsistência dos dados, quando ela ocorre.

? O uso da técnica AHP depende de um grande conhecimento da relação entre os atributos e o problema em questão (no caso sobre os movimentos de massa gravitacionais).

? As alternativas propostas para a tomada de decisão mostraram-se adequadas para a região onde foi aplicada a sistemática mas deverão ser efetuadas novas análises quanto aos tipos, quando da aplicação da sistemática em outra região;

? Deve-se atentar para o fato de que mesmo que uma área apresente baixo grau de instabilidade, o seu manejo poderá alterar suas características, necessitando, portanto, de novas análises.

? A sistemática proposta neste trabalho, poderá ser aplicada em outras áreas e para análise de outros tipos de eventos como inundações e erosões, conforme objetivo deste trabalho.

? O conjunto de atributos e classes considerados apresentaram resultados finais muito semelhantes, mesmo com a alterações no número de componentes. Este fato revela que ao montar a matriz pareada é fundamental analisar os atributos e o objeto principal, no caso do presente trabalho, a instabilidade das encostas.

7 – BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAM, T.; WANKEL, C. (1995) *Supporting decision support: where information on DSS is located*. Decision Support Systems 14, 299-312.
- ANDREU, J.; CAPILLA, J.; SANCHÍS, E. (1996) *AQUATOOL, a generalized decision-support system for water-resources planning and operational management*. Journal of Hydrology 177, 269-291.
- ANTENUCCI, J. C.; BROWN, K.; CROSWELL, P. L.; KEVANY, M. J.; ARCHER, H. (1991) *Geographic information systems – a guide to the technology*. Chapman & Hall, 301p.
- ANTENUCCI, J. C.; BROWN, K.; CROSWELL, P. L.; KEVANY, M. J.; ARCHER, H. (1991) *Geographic information systems – a guide to the technology*. Chapman & Hall, 301p.
- ARMSTRONG, M. C. (1994) *Requirements for the development of GIS-based group decision support systems*. Journal of the American Society for Information Science 45 (9): 669-677.
- ARONOFF, S. (1989) *Geographic information systems: a management perspective*, Ottawa: WDL Publications.
- ASSAD, E. D. & SANO, E. E.-Editores (1993) *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. Planaltina: Embrapa-CPAC, 274p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989) *Boletim ABNT/Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Vol.1 n. 1
- ASSUMPÇÃO, A. (2001) *Recado aos prefeitos: como arrecadar mais com a geoinformação*. INFOGEO Ano3 nº 17 Editora Espaço GEO.pp.40-45.
- BAEZA, C & COROMINAS, J. (2001) *Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques*. Earth Surf. Process. Landforms 26, 1251-1263.
- BERTALANFFY, LUDWIG VON (1976) *Teoría general de los sistemas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica).
- BITAR, O. Y. ; ORTEGA, R. D. (1998) *Gestão ambiental In: Oliveira, A. M. dos S. & Brito, S. N. A. de. (Coord.) – Geologia de Engenharia*. São Paulo: ABGE/IPT. pp 499-508.
- BONCZEK, HOLSAPPLE & WHINSTON (1981) in Power, D. J. (1999) *A Brief history of decision support systems*. DSS Resources, WWW:<http://DSSResource.com/history/dsshistory.html>
- BONUCCELLI, T. (1999) *Estudo dos movimentos gravitacionais de massa e processos erosivos com aplicação na área urbana de Ouro Preto/MG – Escala 1:10.000*. EESC/USP, São Carlos/SP, 3v Tese (Doutorado).
- BURROUGH, P. A. & MCDONNELL, R. A. (1998) *Principles of geographical information systems: spatial information systems and geostatistics*. Oxford University, Oxford.
- BURROUGH, P. A. (1986) *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon Press, Oxford.

- CALIJURI, M. L. & ROHM, S. A. (1993) *Sistema de informação geográfica*. Viçosa/MG, UFV, 31p.
- CALIJURI, M. L. (1996) *Geotecnia ambiental: aplicação de sistemas de informações geográficas no uso e ocupação do solo, mapeamento geotécnico e meio ambiente*. Universidade Federal de Viçosa/MG (Prova de Erudição - Concurso para Professor Titular), 74p.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de - Organizadores (1998) *Geoprocessamento para projetos ambientais*. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/S, 2ª.ed. Revisada, 195p.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de (1996) *Geoprocessamento para projetos ambientais*. INPE, São José dos Campos. 145p.
- CÂMARA, G.; MOREIRA, F. R.; BARBOSA, C.; ALMEIDA FILHO, R.; BÖNISCH, S. (2000) *Técnicas de interferência Geográfica cap14*, <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>, 48p
- CAPECCHI, F. e FOCARDI, P. (1988). *Rainfall and landslides: research into a critical precipitation coefficient in a area of Italy*. Proceedings of 5th International Symposium on Landslides Lausanne, vol 2, 1131-1136.
- CARRARA, A. & MERENDA, L. (1976) *Landslide inventory in northern Calabria, southern Italy*. Bull. Geological Society of America, v. 87, pp. 1153-1162.
- CARRARA, A. (1983). *Multivariate Models for Landslide Hazard Evaluation*. Mathematical Geology, vol. 15, no. 3, p. 403-426.
- CARRARA, A. (1988). *Landslide Hazard Mapping by Statistical Methods. A "Black-Box" Approach*. Workshop on Natural Disasters in European Mediterranean Countries, Perugia, Italy, p.205-224.
- CARRARA, A. (1992). *Landslide Risk Assessment*. Proc. of 1o. Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica para el Estudio de Riesgos Naturales, Bogotá, Colombia, p.329-355
- CARRARA, A. CARDINALI, M., DETTI, R., GUZZETTI, F., PASQUI, V. e REICHENBACH, P. (1990). *Geographical Information System and Multivariate Models in Hazard Evaluation*. 6th International Conference and Field Workshop on Landslides, Milano, p.17-28.
- CARRARA, A. CATALANO, E. SORRISO VALVO, M. REALI e OSSI, I. (1978). *Digital Terrain Analysis for Landslide Evaluation*. Geologia Applicata e Idrogeologica, Vol. 13, p. 69-127.
- CARRARA, A.; CARDINALI, M.; DETTI, R.; GUZZETTI, F.; PASQUI, V.; REICHENBACH, P. (1991) *Gis techniques and statistical models in evaluating landslide hazard* In: Earth surface processes and landforms, John Wiley & Sons, Ltd., v.16, pp. 427-445.
- CHACÓN, J.; IRIGARAY, C.; EL HAMDOUNI, R.; FERNÁNDEZ, T. (1996) *From the inventory to the risk analysis: improvements to a large scale GIS method*. VIII International Conference and Field Trip on Landslides. Granada/Espanha. pp. 335-342.
- CHACON, J.; IRIGARAY, C.; FERNÁNDEZ, T. (1994) *Large to middle scale landslides inventory, analysis and mapping with modelling and assessment of derived susceptibility, hazards and risks in a GIS*. 7th. Int. IAEG Congress, Balkema, Rotterdam. pp. 4669-4678.

- CHARI, K.; BAKER, J. R.; LATTIMORE, P. K. (1998) *A decision support system for partial drug testing: DSS-DT*. Decision Support Systems 23, 241-257.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999) Modelagem de sistemas ambientais. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 236p.
- CHUNG, CH, FABRI, A.G., VAN WESTEN, C. J. (1995) *Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation*. In: Carrara, A., Guzzetti, F. (Eds.), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazard. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, The Netherlands, pp. 107-142.
- COROMINAS, J., BAEZA, C. e SALUENA, I. (1992). *The Influence of Geometrical Slope Characteristics and Land Use on the Development of Shallow Landslides*. Proceedings of 6th International Symposium on Landslides Christchurch, New Zealand, vol 2, 914-924
- COTECCHIA, V. (1978) *Systematic reconnaissance mapping and registration of slope movements*. Bull. IAEG. nº 17, pp. 5-37.
- CUNHA, M. A , et al. (1991). Manual de Ocupação de Encostas. IPT, São Paulo. 216p.
- Dai, F. C.; Lee, C. F.; Zhang, X. H. (2001) Gis-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. Engineering Geology 61, pp.257-271.
- DAVIS, C. (1999) O futuro do GIS urbano. Infogeo Ano2 nº 8. Ed. Espaço GEO, pp 32-33.
- DAVIS, C. (2000) Aplicações urbanas de SIG. In Câmara, G. & Medeiros Organizadores, <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>
- DAVIS, C. (2001) Objetos espaciais em banco de dados relacional. INFOGEO Ano3, Nº18, pp46-48.
- DAVIS, G. (1974) Management Information System: conceptual foundations, structure and development. in Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshhistory.html>
- DORR, J. N. (1969). Phisiografhic, Stratigrafhic and Strutural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Whashington, D.N.P.M/U.S.G.S. 109p. (Prof. paper 641-A).
- DRAGICEVIC, S.; MARCEAU, D. J. (2000) An application of fuzzy logic reasoning for GIS temporal modeling of dynamic processes. Fuzzy Sets and Systems 113, 69-80.
- EASTMAN, J. R. (1997) IDRISI for Windows – User’s Guide version 2.0. Introduction. Worcester-MA, Graduate School of Geography, Clark University, EUA.
- EL HAMDOUNI, R.; IRIGARAY, C.; CHACÓN, J.; FERNÁNDEZ, T. (1996) Landslides inventory and determining factors in the Albuñuelas river basin (Granada, Spain). VIII International Conference and Field Trip on Landslides. Granada/Espanha. pp. 21-30.
- ELBACHÁ, A. T., CAMPOS, L.E.P. e BAHIA, R.A.C. (1992). *Tentativa de Correlação entre precipitação e Deslizamentos na Cidade de Salvador*. 1a COBRAE, p. 647-656, vol.2. Rio de Janeiro.
- EOM, S. B. (1996) Mapping the intellectual structure of research in decision support systems through author cocitation analysis (1971-1993). Decision Support Systems 16, 315-338.

- EOM, S. B.; FARRIS, R. S. (1996) The contributions of organizational science to the development of the decision support system research subspecialties. *Journal of the American Society for Information Science* 47 (12): 941-952.
- FEDRA, K. (1993) GIS and environmental modeling. *In Environmental modeling with GIS*, Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. Organizers. Oxford University Press, pp.35-50.
- FELL, R. & HARTFORD, D. (1997). Landslide Risk Assessment. *Proceeding of the International Workshop on Landslide Risk Assessment*. Honolulu, Hawai. AABalkema p.51-109
- FERREIRA, M. L. C. (1988) Proposta metodológica para desenvolvimento e implementação de um banco de dados geotécnicos, EESC/USP, São Carlos/SP (Tese de Doutorado), 353p.
- FINNE, T. (1997) What are the information security risks in decision support systems and data warehousing? *Computers & Security* 16, 197-204.
- FORRESTER, JAY (1961) *Industrial Dynamics*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- FRANCISCO, C. N. & XAVIER-SILVA, J. (1993) O uso de scanners na digitalização de mapas destinados a sistemas de informações geográficas. In: XVI Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro. Anais....., pp.807-815.
- GALINDO, ROGÉRIO; LASS, MARIA DA CONCEIÇÃO; SCHMEISKE, OSCAR (1999) IPPUC: A implantação do GEO em Curitiba. *Infogeo: Ano2 n° 7*. Ed. Espaço GEO. pp 38-42.
- GERRITY JR., T. P. (1971) *in Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshhistory.html>*.
- GILLENSON, M. L. & GOLDBERG, R. (1986) Planejamento estratégico de sistemas e projeto de banco de dados. Rio de Janeiro, Ed. LTC, 211p.
- GOODCHILD, M. F. (1985) Geographical information systems. *In Undergraduate Geography: a contemporary dilemma. The Operational Geographer*, Oxford, n° 8, p.34.
- GOODCHILD, M. F. (1993) Data models and data quality: problems and prospects. *In Environmental modeling with GIS*, Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. Organizers. Oxford University Press, pp. 94-103.
- GRAY, G.L. e LEISER, A.J. (1982). Role of Vegetation in Stability and Protection of Slopes. In: *Biotechnical Slope Protection and Erosion Control*, p.37-65. New York. Van Nostrand Reinhold Company.
- GRECCHI, R. C. (1997) Estudos Geoambientais. (Revisão bibliográfica), EESC/USP, São Carlos - SP, 70 p.
- GREENWAY, D.R. (1987). Vegetation and slope stability, In ANDERSON, M.G. & RICHARDS, K.S. ed. *Slope Stability: geotechnical engineering and geomorphology*. Cap.6, p.187-230. Wiley & sons.
- GÜELL, J. M. F. (1997) Planificación estratégica de ciudades. Ed. Gustavo Gili S.A. Barcelona, 240p.
- HALSAPPLE, C. W.; WHINSTON, A. B. (1996) *Decision support systems – a knowledge-based approach*, Wes Publishing Company, 713p.

- HARRIS, J.; GUPTA, S.; WOODSIDE, G.; ZIEMBRA, N. (1993) Integrated use of a GIS and a tree-dimensional, finite-element model: San Gabriel Basin groundwater flow analyses *In* Environmental modeling with GIS, Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. Organizers. Oxford University Press, pp.168-172.
- HARTLEN, J. e VIBERG, L. (1988). Evaluation of Landslide Hazard - Genaral Report. *Proceedings of 5th International Symposium on Landslides Lausanne*, vol 2, 1037-1057.
- HASEGAWA, S. (1985). Classific ation of slope movement forms, their description and inerpertation. *Proc of 4 Th Internacional Conference and Field Workshop on Landslides*. Tokyo, p. 11-16
- HEARN (1992). Terrain Hazard Mapping at Ok Tedi Mine, Papua New Guinea. *Proceedings of 5th International Symposium on Landslides Lausanne*, vol 2, 971-976.
- HUTCHINSON, J. N. (1988) Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrology. *Proceedings of The Fifth International Symposium on Landslides*. Lausanne. Balkema. pp. 3-35.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS - IGA (1995). Desenvolvimento Ambiental de Ouro Preto – Microbacia do Ribeirão do Funil.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT (1992) Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. Publicações IPT/São Paulo, Boletim 61, 165p.
- ISRM (1983) Suggested Method for Rock Characterization Testing and Monitoring, published for *International Society for Rock Mechanics*, E.T.Brown editor, Pergamon Press, 211p.
- KAYSER, JOHN (1999) Como convencer executivos a apostar em um projeto GEO. *Infogeo* Ano 2 nº10, Ed. Espaço GEO, pp 58-59.
- KEEN & SCOT MORTON (1978) *in* Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshhistory.html>.
- KEEN, P. G. W. & STABELL, C. B. (1978) Addison Wesley series on DSS foreword *in* Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshhistory.html>.
- KEENAN, P. (1997) Using a GIS as a DSS generator. Working Paper MIS 95/9, Graduate School of Business, University College Dublin.
- KIENHOLZ, H. (1978). Maps of Geomorphology and Natural Hazards of Grindelwald, Switzerland, scale 1:10.000. *Artic and Alpine Research* 10, p.169-184.
- KIM, B.; MOON, S. (1996) A new indexing scheme supporting multi-attribute database applications: MAX. *Journal of Systems Architecture* 42, 144-162.
- KLEIN & METHLIE (1995) Comments about: “A study of the origin of DSS” unpublished *in* Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshhistory.html>.
- KORTH, H. F. & SIBERSCHATZ, A. (1995) *Sistema de bancos de dados*. Trad.. Mauricio Heihachiro Glavan Abe, 2ed. São Paulo, 754p.

- KUKURIC, N. (1999) Development of a decision support system for groundwater pollution assessment, PhD thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, A. A. Balkema, Rotterdam, 191p.
- LANSHENG, W; ZHUOYUAN, Z; MINDONG, C; JIN, X; TIANBIN, L; XIAOBI, D. (1995) Suggestion on the systematical classification for slope deformation and failure. *Landslides*. Balkema. pp. 1869-1877.
- LEVENTHAL, A R.; MOSTYN, G.R. (1987). Slope stabilization techniques and their application. . In: WALKER, B.F. & FELL R. ed. *Soil slope instability and stabilization*. cap.5 p.183-231. AA Balkema.
- LITTLE, J. D. C. (1975) Models and managers: the concept of a Decision Calculus *in* Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshhistory.html>.
- MAC GREGOR, J.P.; MC MANUS, K.J. (1992). Management of lands subject to mass movement. *Proceedings of 6th International Symposium on Landslides Christchurch, New Zealand*. AA Balkema vol.2, p..1437-1444
- MAGUIRE, DAVID (1999) ARC/INFO e o futuro do GIS, in Gilberto Câmara, Infogeo, Ano2, No. 11, Ed. Espaço GEO, pp 24-25.
- MAIDMENT, D. R. (1993) GIS and hydrologic modeling . *In* Environmental modeling with GIS, Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. Organizers. Oxford University Press, pp.147-167.
- MALGOT, J. e MAHR, T (1979). Engineering Geological Mapping of the West Carpathian Landslide Areas. *Bulletin International Association of Engineering Geologists* n 19, 116-121.
- MARINHO, S. M. V. (1998) Proposta de um ambiente para utilização compartilhada de uma base de dados geográfica de âmbito estadual. UFMG, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 104p.
- MARK, R. K. & ELLEN, S. D., (1995) *Statistical and simulation models for mapping debris-flow hazard*. In: Carrara, A., Guzzetti, F. (Eds.), *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazard*. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, The Netherlands.
- MATTEWS, K. B.; SIBBALD, A. R.; CRAW, S. (1999) Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating geographic information system and environmental models with search and optimisation algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture* 23, 9-26.
- MEJÍA-NAVARRO, M. & GARCIA, L. A. (1994) Model for integrated planning decision support (IPDSS) in land-use incorporating geological hazards, vulnerability and risk assessment. Conferência Interamericana sobre Reducción de Los Desastres Naturales, Cartagena de Indias, Colombia, section A-07, 22p.
- MENDES, J. F. G. (1995) Cost estimation for the conversion of map-based land-use plans into digital GIS databases. *Computers, Environment and Urban System* 19 (2): 99-105.
- MOREIRA, E. C. & ZUQUETTE, L. V. (1992) Revisão bibliográfica: sistema de informação geográfica aplicados ao mapeamento geotécnico. XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia - SBG/SP, Anais...SBG/SP, São Paulo/SP, pp. 222-223.

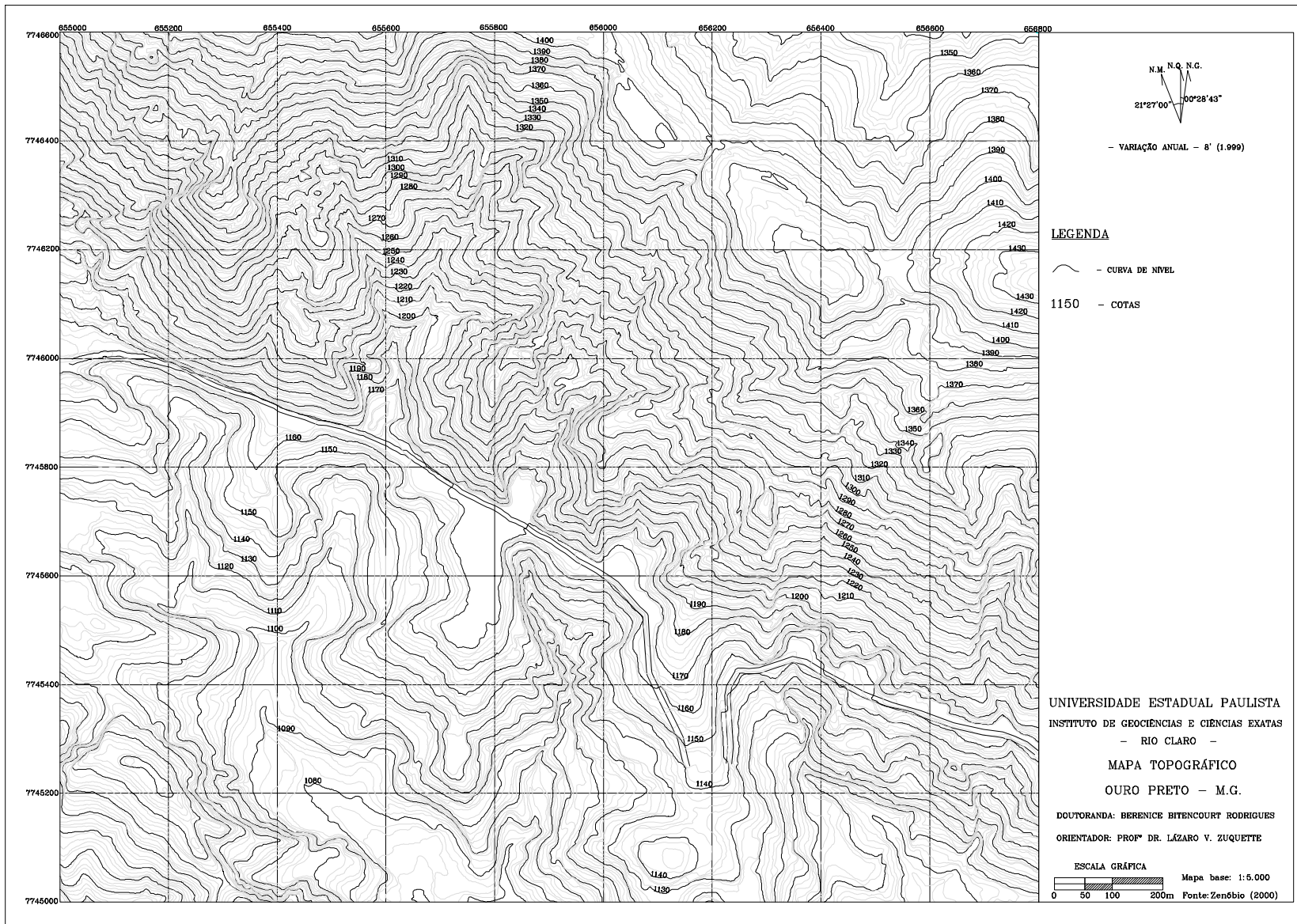
- MORGAN, R.P.C. & RICKSON, R.J. (1995). *Slope stabilization and erosion control*. E & PN Spon, Chapman & Hall. 274p.
- NEMCOK, A; PASEK, J; RYBAR, J. (1972) Classification of landslides and other mass movements. *Rock Mechanics*, Springer - Verlag, pp. 71-78.
- NEULAND, H. (1976). A prediction Model for Landslips. *Catena*, 3, p.215-230.
- NOVOSAD, S. (1978). *The use of modern methods in investigation slope deformations*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, n. 17, 71-73 p.
- NYERGES, T. L. (1993) Understanding the scope of GIS: its relationship to environmental modeling. *In Environmental modeling with GIS*, Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. Organizers. Oxford University Press, pp.75-93.
- OLIVEIRA, A. L. A. (1999) AutoCAD Map R2 – Treinamento Básico. GISoft, 188 p
- OLIVEIRA, J. L.; PIRES, F.; MEDEIROS, C. B. (1997) An environment for modeling and design of geographic applications. *GeoInformatica*, Boston, n1, pp29-58.
- OTHMAN, M. A.; HASSAN, N. R. N. & AZIZ, H. M. A (1992). A Statistical Approach to cut Slope Instability Problems in Peninsular Malaysia. *Proceedings of the 6th International Symposium on Landslides Christchurch – New Zealand*, vol. 2, p. 1379-1385.
- PAREDES, E. A. (1999) Sistema de informação geográfica: princípios e aplicações (geoprocessamento). São Paulo: Érica, 10ed., 690p
- PEREZ, C. R.; BATISTA, D. C. F.; SALGADO, A. C. (1997) BDGEO: modelagem, implementação e visualização de dados geográficos. *GIS Brasil 97*.
- PERROT, A. (1988). Cartographie des Risques des Glissement en Lorraine. *Proceedings of 5th International Symposium on Landslides Lausanne*, vol 2, 1217-1222..
- PIRES, F.; MEDEIROS, C. B.; SANTOS, R. F. (1996) Um ambiente computacional de apoio à concepção de aplicações geográficas. In: *GIS Brasil96*, 2, Curitiba, Ed. Sagres, pp.545-553.
- POWER, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. *DSSResources.com*, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshistory.html>.
- RAGOZIN, A. L. (1994). Basic Principles of Natural Risk Assessment and Management. 7th International IAEG Congress, vol. 3, p. 1277-1286.
- RIB, H.T., LIANG, T. (1978). Recongnation and identification. In: *Landslides and Engineering Practice* E.B.Eckel (ed.) . Special Report n29, Highway Research Board, p.34-80.
- RIBEIRO, G. P. & SOUZA, J. M. (1995) Padrões de conteúdo para metadados geoespaciais digitais. In: *XVII Congresso Brasileiro de Cartografia*, Salvador. Anais....pp1014-1021.
- RIGHETTO, A. M. (1998) Hidrologia e recursos hídricos. Ed. EESC/UPS, São Carlos/SP, 840p.
- ROBERTS, A. M.; MOORE, R. V. (1998) Supporting decision support: where information on DSS is located. *Decision Support Systems* 14, 299-312.

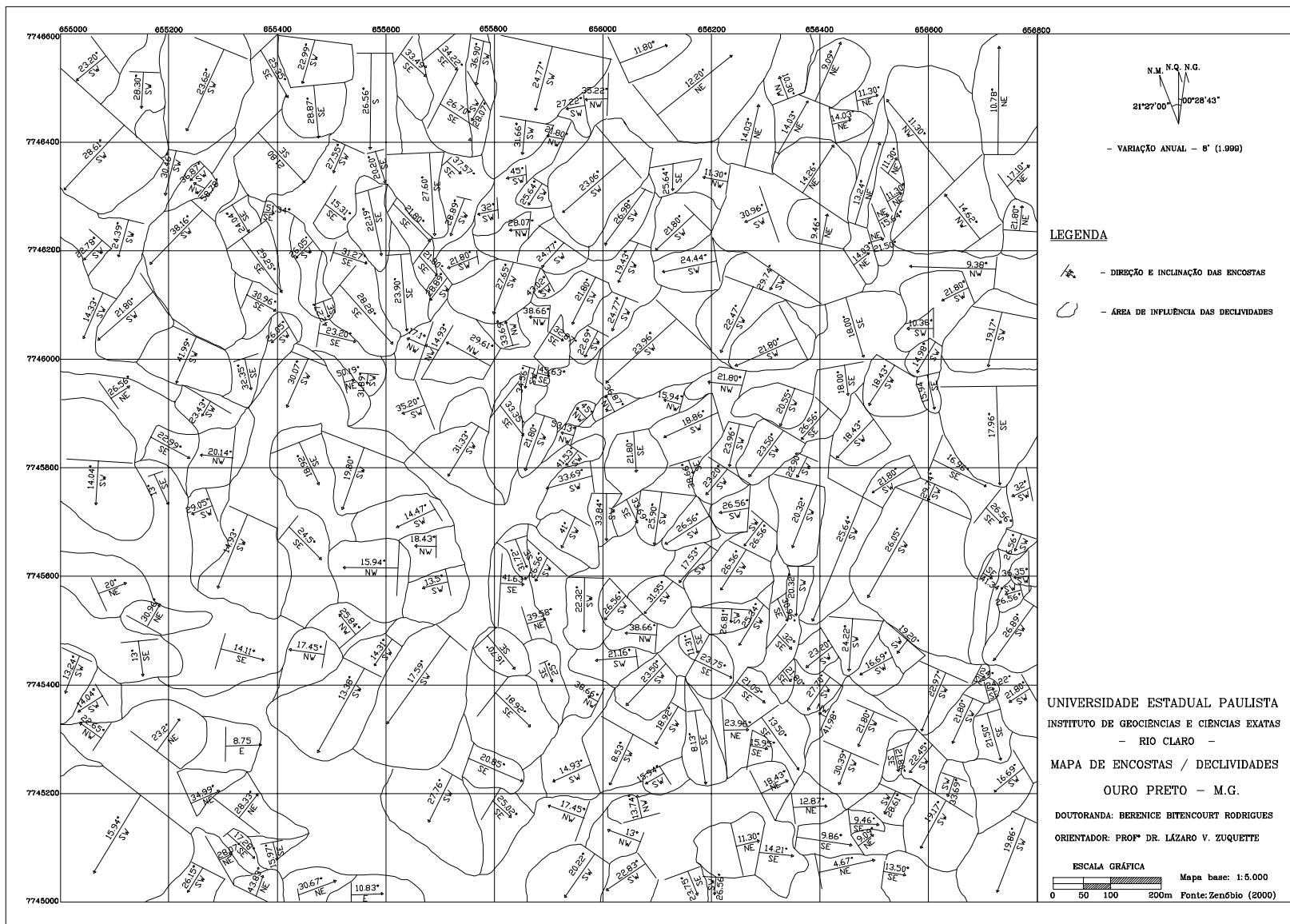
- ROCHA, C. H. B. (2000) Geoprocessamento – tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora. Ed. do Autor, 220p.
- ROCKART, J. (1979) *in* Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshistory.html>
- RODRIGUES, B. B. (1998). *Inventário e Análise de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa Gravitacionais e Processos Correlatos na Região de Águas de Lindóia -SP - escala 1:10.000*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 142p.
- RODRIGUES, B. B.; PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. (1997) Metodologias para elaboração de cartas de risco decorrentes de movimentos de massa gravitacionais: análise crítica. *Geociências* 16 (2) 34p.
- ROSA, R & BRITO, J. L. S. (1996) Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica. Uberlândia, MG, 104p.
- ROZA, DEISE & GALINDO, ROGÉRIO (1999) O GEO nas prefeituras. *Infogeo* Ano2 nº 8. Ed. Espaço GEO, pp 34-39.
- RUNQIU, H. & YUANGUO, L. (1992). Logical Message Model of Slope Stability Prediction in Three Gorges Reservoir Area-China. *Proceedings of 6th International Symposium on Landslides* Christchurch, New Zealand, vol. 2, p. 977-981.
- SAATY, THOMAS L. (1977) *A scaling method for priorities in hierarchical structures*. *Journal of Mathematical Psychology* 15/3, 234-281.
- SAATY, THOMAS L. (1990a) *The analytic hierarchy process*. Pittsburg: RWS, 2^a ed.
- SAATY, THOMAS L. (1990b) *How to make a decision: the analytic hierarchy process*. *European Journal of Operational Research* 48, 9-26.
- SAATY, THOMAS L. (1994) *How To Make A Decision: The Analytical Hierarchy Process*, *Interfaces*, volume 24, number 6, November-December 1994. Copyright 1994, The Institute of Management Sciences (currently INFORMS), 901 Elkridge Landing Road, Suite 400, Linthicum, Maryland 21090-2909 USA, 19-43.
- SACRAMENTO, E. R. (1994) Uma abordagem orientada a objetos para o projeto lógico de bancos de dados relacionais. ICEx/UFMG, Belo Horizonte, Dissertação (mestrado), 71p.
- SASSA, K. (1985). The geotechnical classification of landslides. *Proc of International Conference and Field Workshop on Landslides*, Tokyo, p. 31-40.
- SEDER, I.; WEINKAUF, R.; NEUMANN, T. (2000) knowledge-based databases and intelligent decision support for environmental management in urban systems. *Computers, Environment and Urban System* 24, 233-250.
- SEWEL, G. H. (1978) Administração e controle da qualidade ambiental. Ed. EPU/USP, São Paulo, 295p.
- SHARPE, C.F.S. (1938). *Landslides and Related Phenomena*. Columbia University Press. New York. 137p.

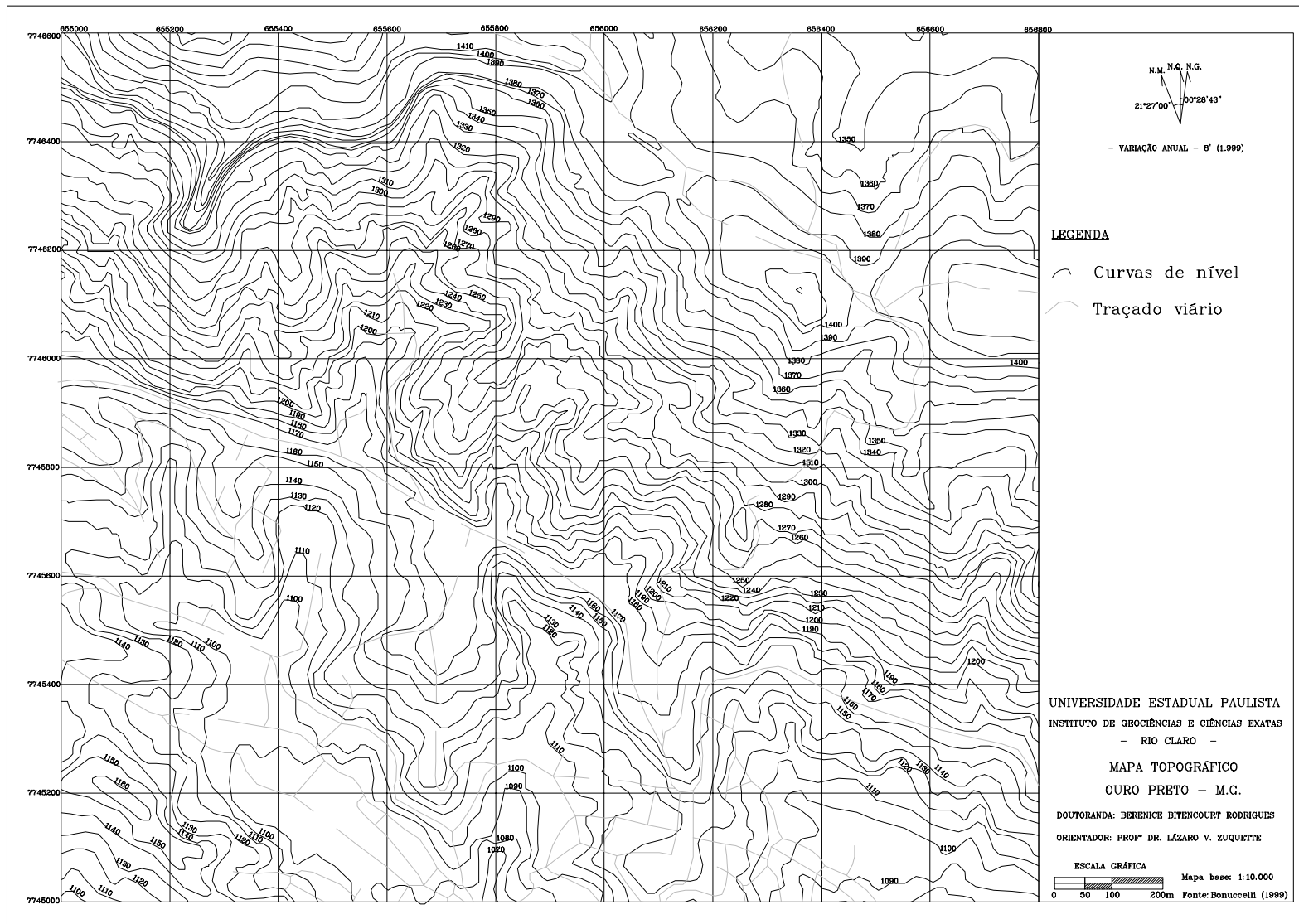
- SIDLE, R.C., PEARCE, A.J. e O'LOUGHLIN, C.L. (1985). *Hillslope Stability and Land Use*. American Geophysical Union. Washington DC. 140p.
- SILVA, F.C.F.; GONTIJO, B.M. (1995). Aspectos biogeográficos e uso do solo. in *Desenvolvimento ambiental de Ouro Preto - micro bacia do Ribeirão do Funil*. Relatório técnico. Instituto de Geociências Aplicadas. Cap. 8 p.1-21. Belo Horizonte.
- SIMON, A.; MATTHEW, C.L.; CLIFF, R.H. (1990) The role of soil processes in determining mechanisms of slope failure and hillslope development in a humid-tropical forest, eastern Puerto Rico. *Geomorphology*, 3. 263-286p.
- SMELCER, J. B.; CARMEL, E. (1994) Do Geographic Information Systems improve decision making? an experiment comparing maps and tables. Working Paper WPI094.023, Kogod College of Business Administration, The American University Washington.
- SOETERS, R. & VAN WESTEN, C.J. (1996) Slope instability Recognition, Analysis, and Zonation. In Turner, A. Keith and Schuster, R.B (editors), *Landslides: Investigation and Mitigation: Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report*.
- Soeters, R.; Van Westen, C. J. (1996) Slope instability recognition, analysis, and zonation In: *Landslides – investigation and mitigation*, Turner, A. K.; Schuster, R. L. Editors, National Academy Press, Washington, D.C., Special Report 247, Transportation Research Board, pp. 129-177.
- SOUZA, M.L. (1996): *Mapeamento Geotécnico da Cidade de Ouro Preto/ MG (escala 1:10.000), Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Processos Correlatos*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SPARGUE, R. H & CARLSON, E. D. (1982) *Building effective decision support systems* Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, 329p.
- STEVENSON, P.C. (1977). An Empirical Method for Evaluation of Relative Landslide Risk. *Bull. of IAEG* no 16, p.69-72.
- SUAREZ, J.D. (1997). La vegetación en la estabilización de deslizamientos. 2º COBRAE Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Vol.2, p.739-746. Rio de Janeiro.
- TATIZANA, C., OGURA, A.T., CERRI, L.E.S. e ROCHA, M.A.M. (1987). Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos - Serra do Mar, Município de Cubatão. *5o CBGE*, p.225-236, v2. ABGE. São Paulo.
- TAVARES, P. (1999) Edição cartográfica vs. preparo para o GEO. *INFOGEO*, Ano2, nº 7, Editora Espaço GEO. pp.55-56.
- TERLIEN, M. T. J., VAN WESTEN, C. J. and VAN ASCH, TH. W. J. (1995) *The use of deterministic models in landslide hazard assessment*. In: Carrara, A., Guzzetti, F. (Eds.), *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazard*. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, The Netherlands.
- TERLIEN, M.T.J., VAN ASCH, TH. W. J., VAN WESTERN, C.J. (1995). Deterministic modelling in GIS-based landslides hazard assessment. In: CARRARA, A., GUZZETTI, F. eds. *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*. Kluwer Academic Publishers, p.57-77

- TIMES, V. C. & SALGADO, A. C. (1994) Uma modelagem orientada a objetos para aplicações geográficas. In: IX Simpósio Brasileiro de Bancos de Dados, Anais..., pp.293-309.
- TSUKAMOTO, Y., KUSACABE, O. (1984). Vegetative influences on debris slide occurrences on steep slopes in Japan. *Proc. Symp. On Effects Forest Land Use on Erosion and Slope Stability*. Environment and Policy Institute, Honolulu, Hawai.
- TUBAN, E. (1990) in Power, D. J. (1999) A Brief history of decision support systems. DSSResources.com, WWW, <http://DSSResource.com/history/dsshhistory.html>
- TURBAN, E. (1995) Decision Support and Expert Systems 4th ed, Prentice-Hall International, 241-242.
- UNESCO - WP/WLI (1993) Multilingual landslide glossary. The International Geotechnical Societies. UNESCO, Working Party for World Landslide Inventory, BiTech publishers Ltd, Canadá, 54 p.
- UNESCO (1990) A suggested method for reporting a landslide. Bull of IAEG, n°41, Paris, pp. 5-10.
- VAN WESTEN, C.J. (1993). *Training Package for Geographic Information System in Slope Instability Zonation* ITC Publication n 15
- VARNES, D. J. (1978) Slope movement types and process. Landslides - Analysis and Control. (Shuster & Krizek Eds.) Special Report 176. Tran. Research Board. National Academy Of Sciences. pp. 11-33.
- VARNES, D.J.(1985) Landslide Hazard Zonation: Review of Principle and Practice. UNESCO, Paris.
- VELOSO, H.P. et al. (1991). *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. IBGE. Rio de Janeiro
- WADGE, G.; WISLOCKI, A. P.; PEARSON, E. J. (1993) Spatial analysis in GIS for natural hazard assessment. In Environmental modeling with GIS, Goodchild, M. F.; Parks, B. O.; Steyaert, L. T. Organizers. Oxford University Press, pp.332-338.
- WALKER, B.F.; MOHEN, F.J. (1987). Groundwater prediction and control, and negative pore water pressure effects. . In: WALKER, B.F. & FELL R. ed. *Soil slope instability and stabilization*. Cap.4 p.177 . AA Balkema.
- WIECZOREK, G.F. (1984). Preparing a Detailed Landslide Inventory Map for Hazard Evaluation and Reduction. *Bull. Ass. Eng. Geol.* vol.21, no.3, p.337-342.
- WILLIAMSON, D. A, KUHN, C.R. (1988): The Unified Rock Classification System. In: KIRKALDIE, L. editor. *Rock Classification System for Engineering Purposes*. ASTM STP 984,167p.
- WONG, H.N., HO, K.K.S, CHAN, Y.C. (1997). Assessment of consequence of landslides. *Proceedings International workshop on Landslide Risk Assessment*. Honolulu-Hawai, A.A.Balkema, p. 111-149.
- WP/WLI (1991) A suggested method for a landslide summary. Bull of IAEG, n° 43, pp. 101-110.

- WRIGHT, R.H., CAMPBELL, R.H. e NILSEN, T.H. (1974). Preparation and Use of Isopleth Maps of Landslide Deposits. *Geology* no.2, p.483-485.
- WU, T.H. (1976). Investigation of landslides on Prince of Wales Island. *Geotechnical Engineering Report 5*, Civil Engineering Department, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA, 94p.
- WU, TIEN H. ABDEL-LATIF, & MOHAMED A. (2000) *Prediction and mapping of landslide hazard*. Canadian Geotech. Journal. 37:781-795.
- XAVIER-DA-SILVA, J. & CARVALHO, M. () Sistemas de informação geográfica: uma proposta metodológica. IV Conferência LatinoAmericana sobre Sistemas de Informações Geográficas - 2? Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo/SP in ANAIS ... São Paulo/SP. p.609-629.
- YIN, K.L. e YAN, T.Z. (1988). Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks. *Proceedings of 5th International Symposium on Landslides Lausanne*, vol 2, 1269-1272.
- ZÁRUBA, Q., MENCL, V. (1969) Landslides and Their Control. New York, Elsevier/Prague, Academia, 205p.
- ZENÓBIO, A. A. (2000) Avaliação geológico-geotécnica de encostas naturais rochosas: área urbana de Ouro Preto (MG) escala 1:5.000. Dissertação de Mestrado, EESC/USP – São Carlos, SP. 2v.
- ZHANG, P.; WANG, Y. (1998) Flexible planning and dynamic integration for problem solving in SXSES -DSS. *Decision Support Systems* 24, 165-172.
- ZUFFO, A. C. (1998) Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos. (Tese de Doutorado) EESC/USP, São Carlos/SP
- ZUQUETTE, L. V. *et al.* (1997) Mapeamento Geotécnico :parte 1 - Atributos e procedimentos básicos para elaboração de mapas e cartas, *Geociências*, vol. 16. No 2, pp. 491-524.
- ZUQUETTE, L. V. (1993) Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração. São Carlos: EESC/USP, Tese 2v (Livre Docência – EESC/USP), 368p.
- ZUQUETTE, L.V. (1981). Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos. São Carlos. 2 v. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 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.
- ZUQUETTE, L.V. (1993). *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração*. Tese de Livre -Docência. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2v.
- ZUQUETTE, L.V. (1998). Proposta metodológica para análise de eventos perigosos. *Revista Geociências* .







	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
A	4/5	3/4/5/6	4/5/6	3/4/5	3/4/5	4/5/6	3/4	4/5	3/4	3/4	4	3/4	4/5/6	4/5	4/5	3/4/5/6	3/4/5	4	3/4	1/4	1	2	2	2	2	2	2	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
B	4/5	4/5	4/5/6	4/5	3/4/5	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	4/5	3/4	3/4/5	4/5/6	4/5/6	4/5/6	3/4/5	3/4	3/4/5	3/4/5	2/3/4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C	4/5	4/5/6	3/4	3/4	3/4	3/4/5	3/4/5	4/5	4/5	4	4/5	3/4/5	4/5	4/5/6	3/4/5	4/5/6	3/4	3/4	3/4	3/4/5/6	2/4/5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D	4/5	4/5	4/5/6	3/4/5	2/3/4	3/4/5	3/4/5	3/4/5	3/4	3/4	3/4	3/4/5	3/4/5	3/4/5	4/5	3/4/5	4/5	4	4/5/6	3/4/5/6	2/3/4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2/3
E	4/5	3/4	3/4/5	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5	3/4/5	3/4	3/4	3/4/5/6	3/4/5	3/4/5	3/4	4/5	2/3/4/5	3/4/5	4/5/6	3/4/5/6	3/4	3/4	3	2/3/4	2	2	2	2	2	2	2	2/3	2	2	2	2	2	2/3
F	4/5	3/4/5	3/4	4/5	4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5	3/4	3/4	4/5	3/4	3/4/5	4/5	4/5	4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5	4	3/4	3/4	3/4	2/3/4/5	2	1	2	2	2	2	3	2	2/3	2/3	2	2	3/4
G	4/5/6	5/6	4/5/6	4/5/6	4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	2/3	3/4	3/4/5	3/4	3/4	3/4	4/5	4/5/6	3/4/5/6	3/4	3/4/5	3/4	4	2/3/4/5	3/4	3/4	2/3/4	1	2	2	2	2/3	3	2/3	2/3	2	2	3	
H	3/4	3/4/5/6	3/4/5	4/5/6	4/5/6	4/5	3/4/5/6	4/5/6	2/3/4	2/3/4/5	4/5/6	3/4/5	3/4	3/4	2/3/4	3/4	3/4	2/3/4	3/4	3/4	2/3/4/5	2/3/4	3/4	3/4	3/4/5/6	2	1	2	2	2/3	2/3	2	2/3	2	2	2/3	
I	2/3/4	3/4/5/6	2/3/4	4/5/6	4/5/6	4/5	3/4/5/6	4/5	2/3/4	2/3/4	3/7/5	3/4/5	3/4	4	3/4	3/4	3/4/5	3/4/5	3/4/5	3/4	3/4	2/3/4	3/4	3/4/5	3/4/5	2/3/4	2/3/4	1	1	2/3	2	2	2	2	2		
J	2/3	2/5/6	3/4/5	3/4	4/5	4/5	3/4	3/4	3/4	2/3/4/5/6	3/4	3/4/5/6	3/4	3/4	3/4/5	4	4	3/4/5/6	2/3/4/5	3/4	3/4	3/4/5/6	3/4/5	3/4	3/4	3/4	4/5/6	3/4/5/6	1	2/3	2/3/4	2/3/4	2/3	2/3	2/3	2	
K	2/3	2/3/4	3/4/5/6	3/4	3/4	3/4/5	4/5	4/5	3/4	2/3/4/5/6	3/4/5	3/4/5/6	3/4/5	3/4	3/4/5	3/4/5/6	4/5/6	4/5/6	4/5	3/4	3/4	3/4/5/6	3/4/5	4	3/4	3/4	3/4	3/4/5	3/4	2/3/4	2/3/4	2	3/4/5	3/4	3/4	3	
L	2	2	3/4/5	3/4/5/6	4/5/6	3/4/5	4/5	3/4/5	3/4	2/3/4/5	4/5	4/5	3/4	2/3	3/4/5	3/4/5/6	4/5/6	4/5/6	3/4/5/6	3/4	3/4	3/4	3/4/5	3/4	37714	3/4	3/4	3/4	3/4	2/3	2	2	2/3	2/3	3/4	3/4	
M	2	2/5/6	2/3/4	3/4	4/5/6	5/6	4/5/6	4	4	3/4/5	4/5/6	3/4/5/6	4/5/6	3/4/5/6	2/3/4/5	3/4/5	2/3/4	3/4/5/6	3/4	2/3	3/4	3/4	4/5	3/4	2/3/4	2/3/4	2/3/4	2/3/4	2/3/4	3/4	3	2/3	2/3	2/3	2/3	3/4	
N	2	2	2/3/4/5/6	2/3/4	2/3/4/5	3/4/5	3/4/5	4/5/6	3/4/5	4/5	4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5	4/5/6	4/5/6	4/5/6	3/4/5/6	3/4/5	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5	2/3/4/5	3/4	3/4	3/4/5	2/3/4/5	2/3	2/3/4	2/3/4/5	2/3	2/3	3/4	2/3	2/3	
O	2	2	2	2/3/4	2	2/3/4	3/4	1	2	3/4	3/4	3/4	3/4/5	3/4	3/4/5/6	4	4/5	3/4	4/5/6	4/5/6	2/3/4	3	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	2/3/4	2/3/4/5	2/3	2/3	3/4	3/4	2/3/4	2/3	3	
P	2	2	2/3	2/3/4	3	2/3/4	2/3/4	1	2/3	3	3/4	3/4	2/3/4	3/4/5	3/4/5/6	4/5/6	3/4/5/6	3/4	4/5/6	4/5/6	3/4	3/4	3/4	3/4/5/6	4/5	3/4	3/4	3/4	2/3/4/5	3/4	3/4	3/4/5	2/3/4	2/3	2/3	2/3	
Q													3/4	2	4/5/6	5/6	2/4/5/6	2/3/4	4/5	3/4/5/6	3/4	3/4/5	4/5/6	4/5	3/4	3/4	3/4	2/3/4	2/3/4	3/4	3/4	3/4/5	3/4/5	2/3	2/3	3/4/5	
R													2/3/4	2/3	2	1	2/5/6	2/4/5/6	3/4/5	3/4/5	4/5/6	4/5	4	4/5/6	3/4/5	3/4/5/6	2/3/4/5/6	3/4	2/3/4/5	3/4	3/4/5	4	4/5/6	3/4/5	3	4/5	
S													2	2/3	2	1	1/5/6	4/5/6	4/5/6	3/4/5/6	3/4/5	3/4/5	3/4/5	4/5	4/5/6	4/5/6	3/4/5/6	3/4	3/4/5	4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4/5	
T													2	2/3/4	2	1	1/4/5/6	4/5/6	3/4	4/5	2	2	3/4/5/6	2/3/4/5	3/4/5	3/4/5	3/4/5	3/4	3/4	3/4	3/4	4/5	3/4	4/5	4/5/6	4/5	
U																					4/5	2	3/4/5/6	2/3/4/5	3/4/5	3/4/5/6	4/5/6	2/3/4	2/3	3/4/5	3/4	3/4	3/4	3/4/6	3/4/5/6	4/5	
V																					3/4	2/4/5	2/3	2/3	3/4/5	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	2/3/4/5/6	2/3/4	3/4	3/4	3/4	3/4/5/6	3/4/5/6	4	
X																					4/5/6	3/4/5	2	2/3	3	3/4	3/4/5/6	2/3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4/5/6	3/4	2/3/4	3/4/5/6	4	4	
Z																					2/3	2/3	2	2/3	2/3	2/3/4/5/6	3/4/5/6	2/3/4/5/6	2/3/4/5/6	2/3/4/5	3/4/5/6	3/4/5	3/4	3/4/5	3/4	4	

LEGENDA

- 1 – < 10%
2 – 10 a 30%
3 – 30 a 45%
4 – 45 a 70%
5 – 70 a 100%
6 – > 100%
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO DECLIVIDADE

DOCTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
A	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2		
B	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2		
C	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	
D	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	
E	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
F	4	4	3	4	5	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	
G	4	4	3	5	5	4	3	4	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	2	2	2	2	3	3	3	2	3	
H	3	4	3	5	5	4	4	5	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	
I	2	4	3	4	5	4	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	
J	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	2	2	3	3	3	2	2	
K	2	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	2	2	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	
L	1	1	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	2	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	
M	2	3	2	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	2	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	
N	2	3	3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
O	1	2	1	3	2	3	2	1	1	3	3	3	3	3	4	3	5	3	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2	
P	1	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	3	4	3	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	
Q													3	2	3	4	3	2	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	
R													3	3	2	2	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3		
S													2	2	1	1	2	4	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4
T													2	2	2	1	3	4	3	3	1	2	4	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
U																					3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4		
V																					4	3	3	2	3	4	4	5	4	3	3	3	3	4	3	4		
X																					3	2	2	3	3	3	4	2	4	3	4	3	3	3	3	3		
Z																					3	2	2	3	3	4	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	

LEGENDA

1 – < 10 m
2 – 10 a 20 m
3 – 20 a 35 m
4 – 35 a 50 m
5 – > 50 m
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO AMPLITUDE DE RELEVO

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
A	3	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3	1/2	1/2	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	1/3	3	1/3	2/3	4	4	4	3	1/3	4	3	4	3			
B	4	1	1/2	3	1/2	1/3	3	1	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	2/3	4	1/3	1/2	4	1/2	1/3	2	3	4	1/2	1/2	3	1/3	4	3	1/3	1/3	4	4	3	4	4			
C	4	1	1	1	1/2	1/2	1	2	1	1	1	3	2	1/2	1/3	1	1/2	4	1	3	3	3	4	1/2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4			
D	3	1	1/2	1	1	1/2	1	4	1	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	4	1	1	2	2	2	3	3	3	4	3	3	1	1	2/3	3	4	3	4			
E	1	1	1	1	1/2	1	1/2	1/2	1	1	1	1/3	1	3	1/3	1	1	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1	3	3	3	3	1/3	1	1/2	1/3	4	4	3	1/3			
F	3	2/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1	3	1/2	1	1/2	1/3	1/2	1	1/2	1	1/3	1/2	3	3	3	3	4	1/2	1/2	4	3	4	3	3			
G	1/2	1	1/2	1	1/2	1	1/2	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	3	1/2	2/3	1/2	1/2	1/3	3	3	2	4	3	3	1/2	1/3	4	2/3	4	3	3			
H	1/2	1/3	1/2	1/3	3	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/3	1/3	1/2	1/3	1	1	1/2	2/3	1/2	2/3	1/2	1/2	2	1/3	4	1/3	1/2	3	2/3	2/3	1/2	4	4	4	4	4			
I	2	1	1	1/2	3	2	1/2	2	2	2	2	1	1	1/3	1	1	1/2	1	1	1	1/3	1	1	1/2	3	1/3	1/2	2	1/3	4	1/3	1/2	2/3	3	2/3	4			
J	3	1/2	1	3	3	2	1/2	3	1/2	1	1	1	2	1/2	1/2	1/3	1/3	1	1	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	4	1/3	3	2	3	1	1/2	3	3	1/3	4			
K	3	1/2	1/2	1/2	2	4	1	1/2	2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	2/3	1/3	1/3	1/2	1	1/2	3	1/2	1/2	3	3	4	4			
L	3	1/3	1/2	1/3	4	4	1/2	1	1/2	1	1/2	1/2	1	4	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1/2	3	1/2	1	1/2	3	3	1/3	1/2	2/3	3	3	4	4			
M	1/2	3	3	4	3	4	3	1	4	1	1	1	3	2	1	1	1/3	1/2	1	1/2	1	3	1/3	1/2	1	1	1	1/2	3	3	4	3	3	4	4	4			
N	3	3	2	1/2	3	3	2	1	4	2/3	1/2	1	2	1/2	2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1	1	1/2	1	1/2	1/2	3	1/3	3	1/2	3	3	2	4	4	4			
O	3	3	1/2	1	2	1/3	3	3	3	2	1/2	1/2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/2	3	1/2	3	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3	2/3	3			
P	4	4	1/3	2	4	1/2	2	3	3	2	3	1/2	2	1/3	3	1/2	1/3	1/3	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	3	3	1/2	1/2	2	2/3	1/2	1/2	3	2/3			
Q													1/2	3	2	1/3	1	1	1	1/2	3	1/3	1/2	2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	2	1	1/2	1/2	1/2	1/2/3	1	
R													3	2/3	3	4	1/2	1/2	1/2	1	2	1/2	1/3	1/2	1/2	2	2	2	1/2	1/3	1/2	1/3	3	1	2/3	1/2			
S													3	2	3	1	3	3	1/3	2/3	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	2/3	3	1/3	4	1/2	4	4	1/2	3	2/3			
T													2	3	3	1	1/3	1/3	1/2	1/3	1/2	3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3	2/3	2/3	2	1/2	1/2	2/3	2/3			
U																						1/2	1/3	1/3	2/3	4	3	1/2	3	1/3	3	1/3	3	2/3	1/2	1/3	2/3	2	1/2
V																						1/3	2	2	4	3	1/3	1/3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/3	2/3	2/3	1/3		
X																						2/3	3	3	4	3	3	3	3	1/2/3	2	1/2/3	3	2/3	3	1/3	4		
Z																						3	3	3	4	1/3	3	2/3	3	2/3	1/2	1/4	2	3	3	1/3	2/3		

LEGENDA

1 – < 20 m
2 – 20 a 35 m
3 – 35 a 70 m
4 – > 70 m
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO COMPRIMENTO DA ENCOSTA

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A	7	8	8	5	8	7	7	3	1	9	2	2	5	1	1	8	8	8	3	3	7	7	7	7	7/2	6	3	6	6	6	6	6	4	4	6	6
B	7/4	1	5	5	7	7	7	7	1	2	2	2	6	2	2	9	8	9	3	3	5	7	7	7	7	6	7/3	6	6	6	6	6	6	4	6	6
C	4	1	5	3	5	9	6	8	2	1	2	7	4	6	7	9	6	5	2	1	5	7	7	7	7	6/3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D	7/1	7	8	5	7	4	6	9	2	2	2	7	1	6	7	8	6	7	2	7	4	7	7	7	1	8	8	6	6	3	6	6	6	6	6	4
E	7/4	9	9	5	5	2/5	4	2	7	1	7	6	3	4	5	3	2	2	5	1/4	4	5	5	5	5	8	7	7	8	1	1	4	6	4	4	1/4
F	8	8	8	7	2	2	8	1	1	7	1	6	3	5	2	3	3	3	7	7	4	5	5/2	5/2	5	4	5	7	8	5	1	5	4	4	4	1
G	3	7	5	3	9	8	8	5	3	9	2	6	4	3	7	3	5	3	2/5	7	4	4	1/7	7	5	4	4	8	5	5	1	5	4	4	4	1
H	9	9	9	8	9	7	5	6	3	5	5/2	4	4	1	3	3	1	5	8	7	1	5	9	2	1	5	4	5	5	5	1	4	4	4	4	7
I	3	5	6/3	7	9	7	5	7	3	6	5	2	4	2	5	4	4	1	8	7	7	7	8	3	4	5	5	5	5	5	6	4	4	4	4	7
J	7	5	2	7	7	4	5	3	2	5	7	3	4	1	4	7	7	3	5	7	9	5/2	4	6	6	7	6	5	5	5	4	5	5	5	4	7
K	7	7	4	7	7	7	5	6	7	3	8	5	2	3	3	3	3	3	1	7	7	7	9	7	7	7	2	3/5	5	6	2	1	1	4	4	7
L	7	7	9	9	7	7	5	1	5	6	2/5	6	2	7	9	8	9	9	3	4	4	7	8	7	7	2	7	4	6	3	2	4	4	4	4	7
M	7	6	6	9	9	7	7	2	6	9	3	2	2	5	5	1	6	5	3	6	7	7	2	2	2	2	6	4	6	1	7	4	4	7	7	7
N	7	7	7	6	9	9	9	9	9	9	6	2	3	8	3	4	7	6	4	1/7	1/7	8	2	4	4	6	6	6	5	1	7	4	3	7	7	7
O	7	7	7	9	9	9	3	2	7	7	6	8	2	9	5	4	8	5	2	5	5	1	6/3	4	4	1	4	4	5	1/4	6	6	3	1	7	7
P	7	7	7	5	5	5	5	5	2	1	3	3	2	7	9	7/4	7	5	2	2	3	3	5	5/2	5	2	4	4	2	4	3	6	7	1	1	1
Q													2/5	9	6	7	5/3	1	7	5/7	5	2/8	3/9	1	7	2	4	4	2	4	5	6	5	1	4	4
R													5	2	1	9	6	6	4	4/1	4	6/3	4	3	1/7	4	3	4	2	4	5	7	7	5	7	7
S													1	9	4	7	2	9	6	4	1	6/3	2	1	1/5	4	6/3	1	1	7	9	7	7	5	1	1
T													7	7	7	7	2	1	6	6	1	1	3	4	7	5	6/3	3	3	7	7	7	7	5	3	3
U																					2	6	5	9	7	7/1	6	3	4	7	7	7	4	3	6	
V																					1	2	2	2/5	1	4	6	5	2/8	2	7	4	6	6	3	4
X																					3/4	5	5	2/5	1	4	6	3	6/3	2/3	3/8	4	4	4	6	4
Z																					4	4	5	2	2	6	4	2	6/3	3	3	4	4	4	6	1

LEGENDA

1 – LINEAR/CÔNCAVA 6 – CÔNCAVA/CONVEXA
2 – CONVEXA/CÔNCAVA 7 – LINEAR/LINEAR
3 – CÔNCAVA/CÔNCAVA 8 – CONVEXA/LINEAR
4 – LINEAR/CONVEXA 9 – CÔNCAVA/LINEAR
5 – CONVEXA/CONVEXA 1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO CURVATURA DA ENCOSTA

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36														
A	3	3	3	3	1	3	1	3	5	3	5	5	3	3	3	5	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	1	3	3	5															
B	3	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	5	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	5	3	3	3	5															
C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	5	3	1	3	3	2	3	3	3	3	5	3	5	3	3	5	3	3	1	3															
D	3	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	1	3	3	3	5	3	3	5	3	3	2	1	1	3	3	3	3	3	3	5	3	3	1	3															
E	3	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	3	3	3	3	5	5	3	5	5	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	1	5															
F	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	5	3	3	1	5	3	5	3	3	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3	3	5	3	3	1	5															
G	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	5	3	3	5	3	3	5	5	3	3	3	5	3	3	5	3	3	3	3	3	5	3	3	3	5															
H	3	3	1	3	3	3	1	3	5	1	3	5	3	3	5	5	2	3	3	3	3	5	3	3	3	5	3	2	3	3	3	3	3	3	3															
I	3	3	3	3	3	3	1	3	5	1	3	5	3	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2															
J	3	3	3	3	3	3	1	3	5	1	3	5	1	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	2															
K	3	3	3	3	3	3	3	5	1	1	3	3	3	5	5	5	5	3	2	3	1	5	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3															
L	3	3	3	3	3	3	1	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	5	3	3	3	1															
M	5	5	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3	5	2	2	1	2	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	1	1	1														
N	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	5	5	3	3	2	3	5	1	5	5	3	1	1	1	3	3	1	3	5	3	2	2	1	1	1														
O	5	3	3	1	3	3	3	3	5	3	1	5	3	3	3	1	3	5	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	1	1														
P	1	3	1	5	3	3	3	1	3	5	3	3	3	3	3	1	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3															
Q													3	3	3	1	3	3	3	3	3	5	1	5	3	3	3	5	3	3	3	3	3	5	3															
R													3	3	3	3	1	3	3	1	3	5	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	1	5	5															
S													5	5	5	5	3	3	3	1	3	5	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	1	3	5														
T													3	3	3	5	3	5	3	1	5	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	1	3	5														
U																						3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	5	3
V																						3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	5	3
X																						3	3	3	3	5	3	3	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3
Z																						3	3	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	5	3

LEGENDA

1 – CONTRIBUIÇÃO DE UMA CELA
2 – CONTRIBUIÇÃO DE DUAS CELAS
3 – CONTRIBUIÇÃO DE TRÊS CELAS
4 – CONTRIBUIÇÃO DE QUATRO CELAS
5 – CONTRIBUIÇÃO DE MAIS DE QUATRO CELAS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO TRAJETÓRIA

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
A	2	4	4	5	3	4	3	3	3	3	2	4	3	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2		
B	1	5	4	2	3	2	2	5	3	3	3	3	3	2	1	2	3	1	3	2	3	2	1	3	3	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1		
C	1	5	5	5	4	3	4	2	5	3	4	2	2	3	2	4	3	1	5	2	2	2	1	3	2	3	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1		
D	2	5	3	5	4	3	4	1	4	2	4	2	4	2	2	3	4	1	4	5	3	3	3	2	2	2	2	1	2	4	8	2	2	1	2	1		
E	4	5	4	4	4	6	3	4	4	3	6	2	4	2	3	4	5	3	3	4	3	3	3	5	2	2	2	2	2	5	3	2	1	1	2	2		
F	2	2	4	4	4	5	5	5	6	9	5	3	4	2	3	7	3	2	3	4	3	4	3	3	2	2	2	2	1	4	4	1	2	1	2	2		
G	3	5	3	8	4	7	3	5	6	6	6	3	3	3	4	5	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	1	2	2	4	2	1	2	1	2		
H	3	3	3	3	2	4	4	3	4	4	3	3	4	2	4	4	3	2	3	2	3	4	3	2	1	2	3	2	2	2	3	1	1	1	1	1		
I	3	6	5	4	2	3	4	3	3	3	3	4	4	2	5	5	3	6	5	5	3	4	5	3	2	2	4	3	3	1	2	3	3	2	2	1		
J	2	4	4	2	2	3	5	2	4	4	4	4	2	3	3	2	2	6	3	5	4	5	4	4	3	1	2	2	2	2	4	3	2	2	3	1		
K	2	4	4	3	3	1	4	3	3	5	4	3	3	3	4	2	2	3	3	4	5	3	2	2	2	2	3	4	2	2	3	3	2	2	1	1		
L	2	2	4	2	1	1	4	5	3	5	4	3	4	1	2	5	4	4	6	5	3	3	4	2	4	4	4	2	2	2	3	2	2	2	1	1		
M	3	2	2	1	2	1	2	5	1	5	3	4	2	3	4	5	2	3	5	3	6	2	2	3	4	4	3	3	2	2	1	2	2	1	1	1		
N	2	2	3	3	2	2	3	6	1	2	3	5	3	3	3	3	4	4	5	4	5	7	3	5	4	4	2	2	2	3	2	2	3	1	1	1		
O	2	2	4	6	4	2	2	2	2	3	4	5	4	4	3	5	3	2	4	3	5	3	3	2	4	2	2	3	4	5	4	3	4	2	2	2		
P	1	1	2	3	1	4	3	2	2	3	2	4	3	3	2	4	2	5	6	4	4	3	4	3	3	2	2	2	4	3	4	3	4	4	2	2		
Q													4	2	4	3	5	3	6	4	2	5	3	2	3	3	5	3	5	3	4	3	5	4	5	5		
R													2	3	2	1	4	4	5	7	3	4	3	4	4	2	2	3	2	3	4	2	2	6	4	5		
S													2	3	2	1	2	2	2	4	5	4	3	4	3	2	2	2	2	1	3	1	1	3	2	3		
T													4	2	2	1	2	2	3	2	3	2	4	4	4	3	3	2	3	2	2	2	4	4	3	2		
U																							4	3	3	3	1	2	3	2	3	2	2	5	3	3	3	4
V																							5	4	3	1	2	2	2	2	3	4	4	5	3	3	4	2
X																							3	3	2	1	2	2	2	2	3	4	3	3	2	2	3	1
Z																							3	3	2	1	3	4	4	2	3	4	4	4	2	2	2	2

LEGENDA

1 – UMA
2 – DUAS
3 – TRÊS
4 – QUATRO OU MAIS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO NÚMERO DE SUPERFÍCIES

DOCTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
A	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
B	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
C	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2
D	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2
E	3	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	2	2	2	2
F	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	
G	3	3	3	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	
H	3	3	3	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
I	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
J	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
K	3	3	3	3	3	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
L	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
M	1	1	1	1	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	
Q													1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2		
R													1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
S													1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
T													1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2		
U																					1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	
V																					1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
X																					1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Z																					1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	

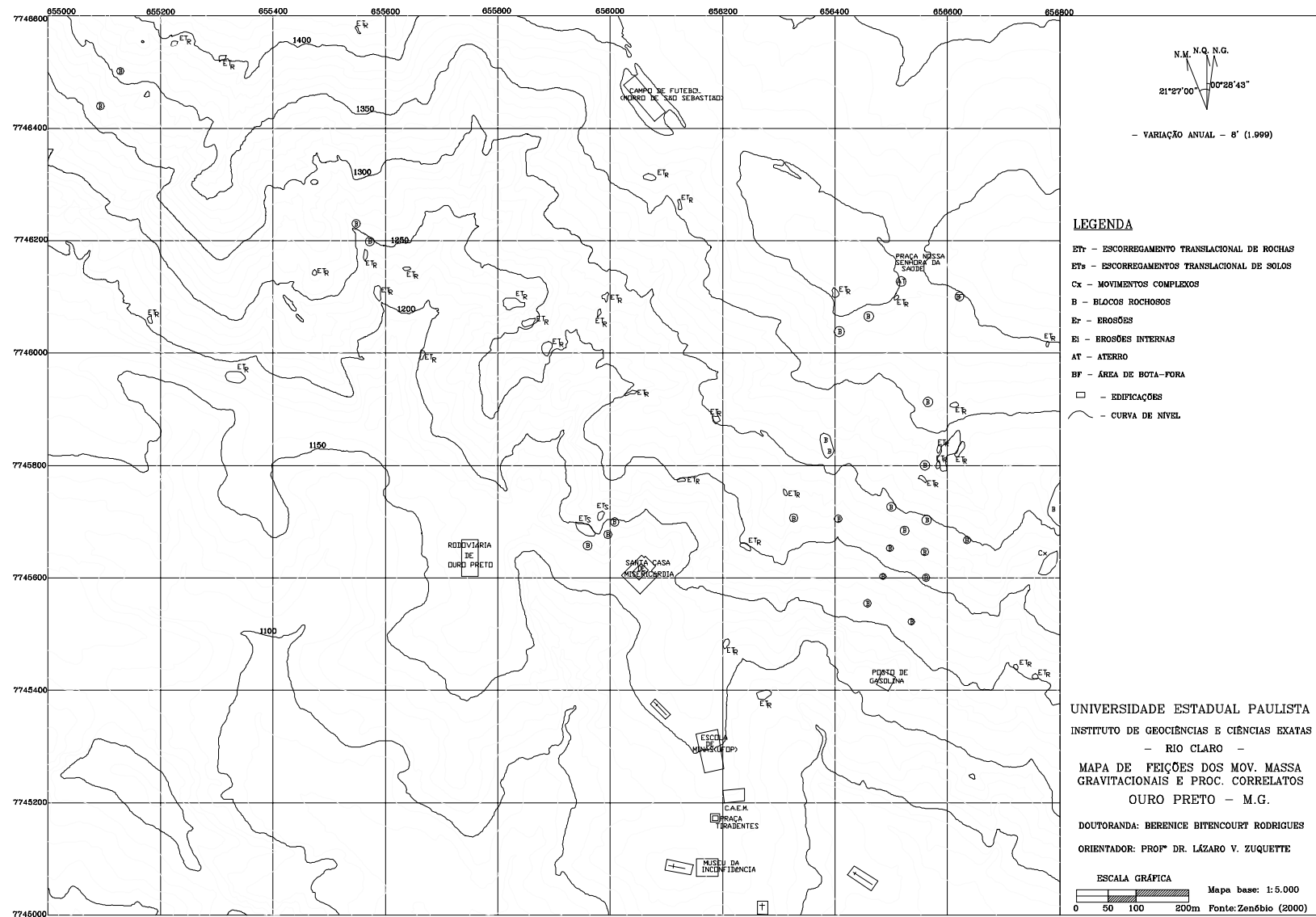
LEGENDA

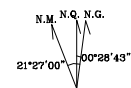
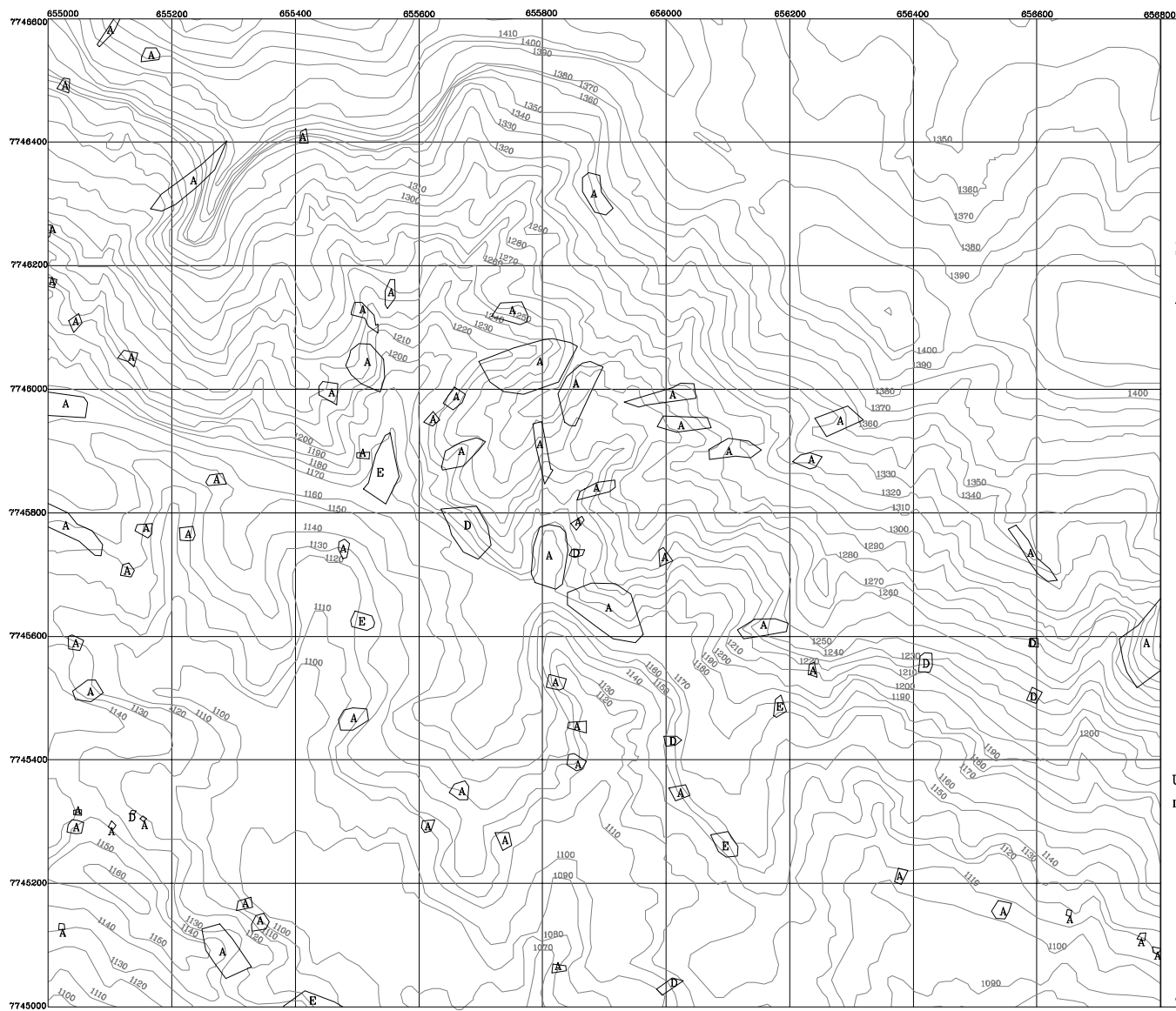
1 – TERÇO SUPERIOR
2 – TERÇO MÉDIO
3 – TERÇO INFERIOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -**

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO POSIÇÃO NA ENCOSTA

**DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE**





- VARIAÇÃO ANUAL - 8' (1.999)

LEGENDA

- Curvas de nível
- A Ativa
- D Dormente
- E Estabilizada

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

MAPA DE EVENTOS - ESCORREGIMENTO
OURO PRETO - M.G.

DOCTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO V. ZUQUETTE

ESCALA GRÁFICA
0 50 100 200m
Mapa base: 1:10.000
Fonte: Bonuccelli (1999)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
J	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	3	1	2	1	1
K	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1
L	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2
M	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1
O	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
P	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	2	1	1	1
Q													2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	4	1	1	1	2
R													1	2	2	1	2	2	1	3	3	1	1	1	1	1	3	2	2	2	3	2	1	1	2	
S													1	1	1	1	2	2	2	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	3	1	1	2
T													1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	3
U																						1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	2	2		
V																						1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2		
X																						1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	
Z																						2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		

LEGENDA

- 1 - NENHUMA
- 2 – UMA
- 3 – DUAS
- 4 – MAIS DO QUE DUAS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO NÚMERO DE FEIÇÕES

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
A	1	9	9	9	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
B	9	1	9	9	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
C	9	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
D	1	9	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
E	1	1	1	1	5	5	1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1	2/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
F	1	1	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/3	2/3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
G	9	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
H	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
I	2/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/3	2/3/9	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
J	2/3	2/3	1	1	1	1	1	1	1	2/3	2/3	2/3	2	1	2/3	2/3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2/7	1	8	1	1	1		
K	2/3	1	2/3	2	1	1	1	1	1	2/3	2/3	2	1	1	2/3	2/3	2	2/3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	9	2	1	8	1	1	1		
L	1	1	2/3	1	1	1	1	1	2/3	2/3	2/3	2/3	1	1	2	2/3	2/3	2/3	2/3	1	1	2/3	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	1	1	1	2		
M	1	1	1	1	1	1	2	2/3	2/3	2/3	2/3	1	2/3	2	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1	1	1	1	1	1	1	1		
N	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1	1	1	1	9	2	1	1		
O	1	1	1	1	1	2/3	1	1	1	1	2/3	1	2/3	2/3	1	2/3	2/3	2/3	2/3	1	1	2/3	2/3	2	9	2/3	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1		
P	1	1	1	1	1	2/3	1	1	1	1	1	1	2/3	2/3	1	1	2/3	2/3	2/3	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	1	1	2	2	1	1	1		
Q													2/3	2/3	2/3	1	9	9	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	2/3/5/9	1	1	1	9		
R													1	2/3	2/3	1	9	9	1	2/3	2/3/9	1	1	1	1	1	2/9	9	9	9	9	5/9	5	1	1	9		
S													1	1	1	1	2/3	2/3	2/3	3/9	9	1	1	1	2	1	9	1	9	9	9	9	5/9	1	1	2/3/9		
T													1	1	1	1	2/3	2/3	2/3	2/3	1	1	2/3	2/3	2	1	1	1	1	9	9	9	9	1	1	4	4	
U																					1	1	2/3	1	2/3	1	1	1	2/3	9	1	9	9	1	4	4		
V																					1	1	1	2/3	2/3	1	1	1	2/3	9	9	9	9	1	4	4		
X																					1	1	1	2/3	2	1	1	1	1	1	1	1	9	9	1	1	1	
Z																					2/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

LEGENDA

- 1 - NENHUMA
2 – ESCORREGAMENTO T. ROCHA
3 – ESCORREGAMENTO T. SOLO
4 – MOVIMENTO COMPLEXO
5 – EROSÃO
- 7 – EROSÃO INTERNA
8 – ATERRO
9 – BOTA-FORA
10 – QUEDA DE BLOCO
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO CARACTERÍSTICAS DE INSTABILIDADE

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
A	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
B	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
C	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
D	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
E	1	1	1	1	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
F	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
G	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
H	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
I	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
J	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1				
K	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	2	3	4	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1				
L	1	1	2	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	2	4	5	5	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2				
M	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	3	3	2	2	4	2	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
N	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3	2	2	3	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1				
O	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	3	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1				
P	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1				
Q													2	5	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	1	1	2				
R													1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3			
S													1	1	1	1	2	4	4	3	2	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2			
T													1	1	1	1	2	4	5	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	4				
U																									1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	3	5			
V																									1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	3	
X																									1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1		
Z																									2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

LEGENDA

- 1 - AUSÊNCIA
- 2 – < 25%
- 3 – 25 a 50%
- 4 – 50 a 75%
- 5 – 75 a 100%

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
 - RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO ÁREA TOTAL DAS FEIÇÕES

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
 ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

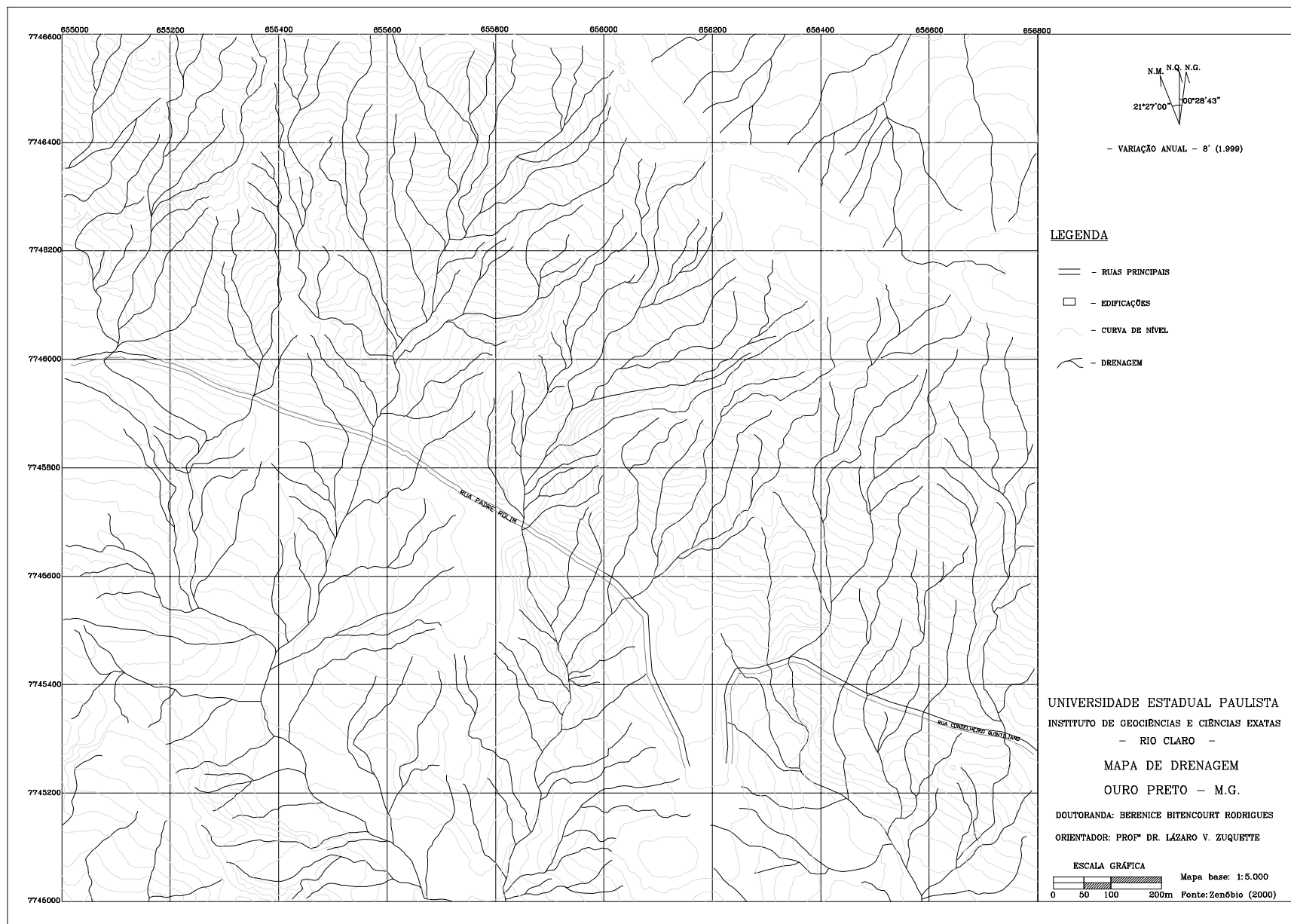
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
A	1	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
B	2	1	3	2	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
D	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
E	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
F	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
G	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
H	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
I	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2/3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
J	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2/3	2	2/3	3	1	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	3	1	3	1	1	
K	2	1	2	3	1	1	1	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2/3	2/3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	1	3	1	1	1	
L	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	3	2	2	2/3	2/3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	3	
M	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2/3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2/3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	3	3	1	1	1	
O	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	
P	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	3	1	1	1	
Q													3	3	3	1	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	3	2/3	1	1	1	3	
R													1	3	3	1	3	3	1	2/3	2/3	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2/3	2	1	1	3	
S													1	1	1	1	2	2	2/3	3	3	1	1	1	3	1	3	1	3	3	3	3	2/3	1	1	2/3	
T													1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	3	1	1	1	1	3	3	3	1	1	2	2/3	
U																						1	1	2	1	2	1	1	1	3	3	1	3	3	1	2	2
V																						1	1	1	4	2	1	1	1	3	3	3	3	3	1	2	2
X																						1	1	1	4	3	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1
Z																						3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	

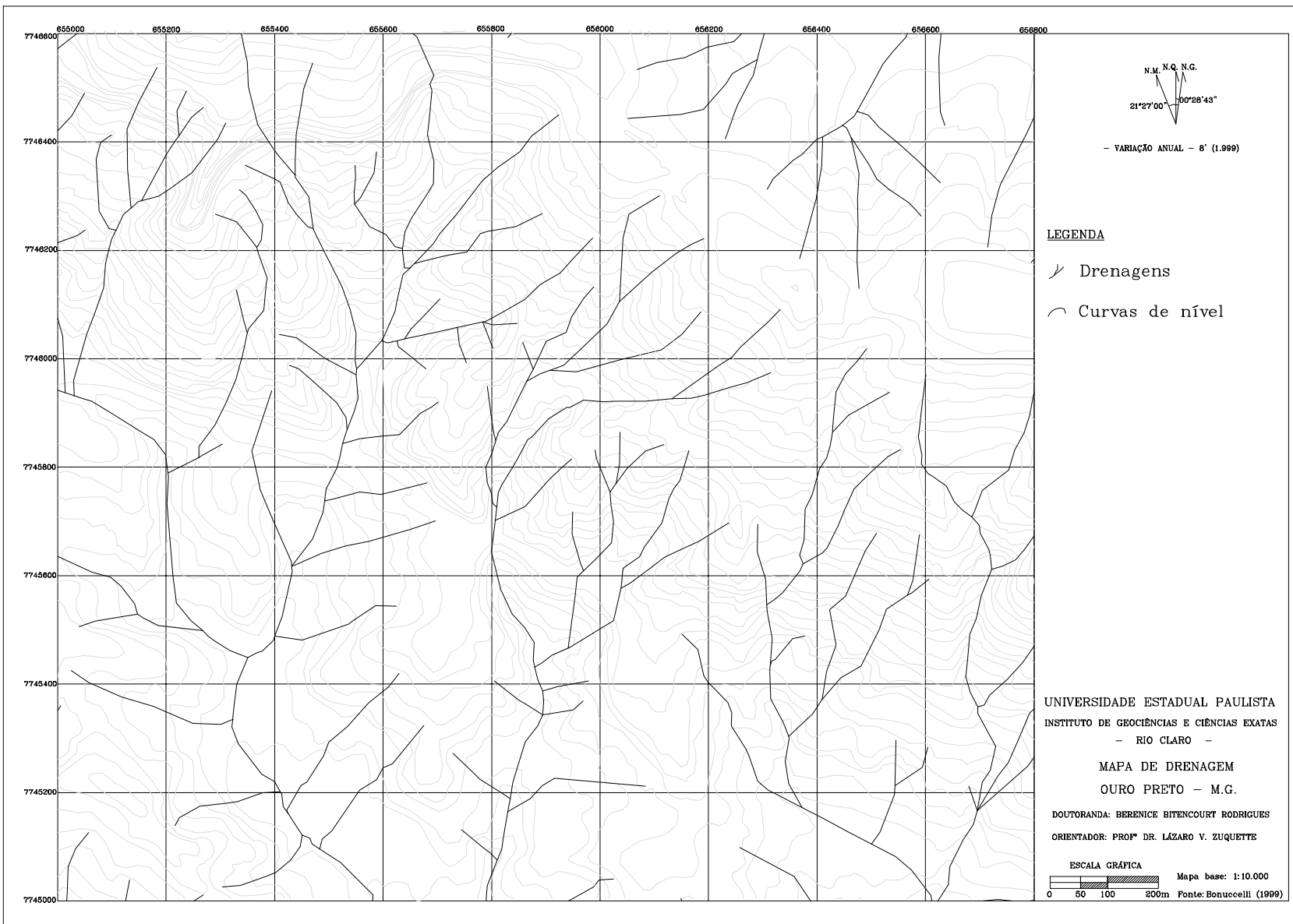
LEGENDA
 1 - AUSÊNCIA
 2 – ATIVO
 3 – DORMENTE
 4 – ESTABILIZADO

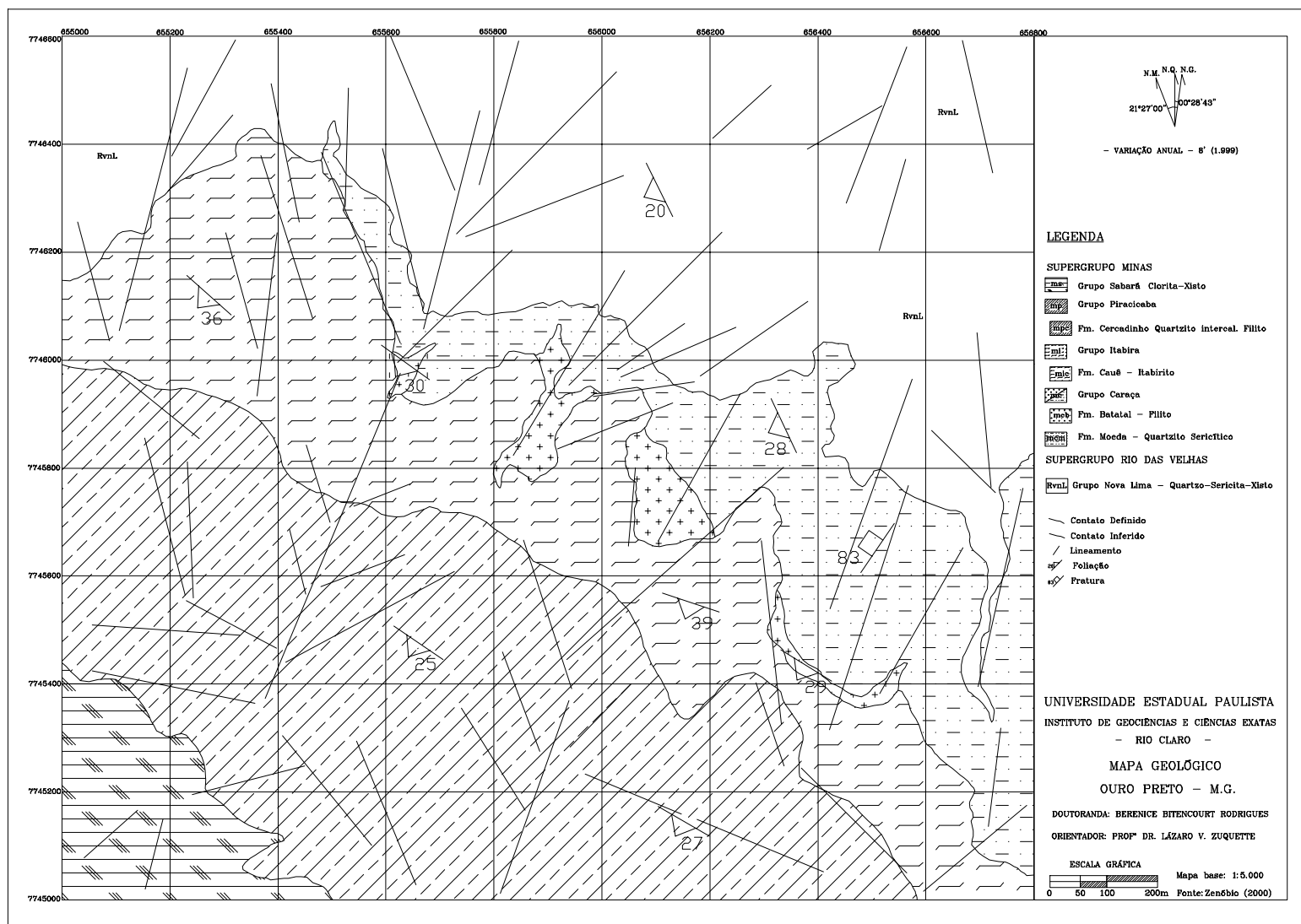
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

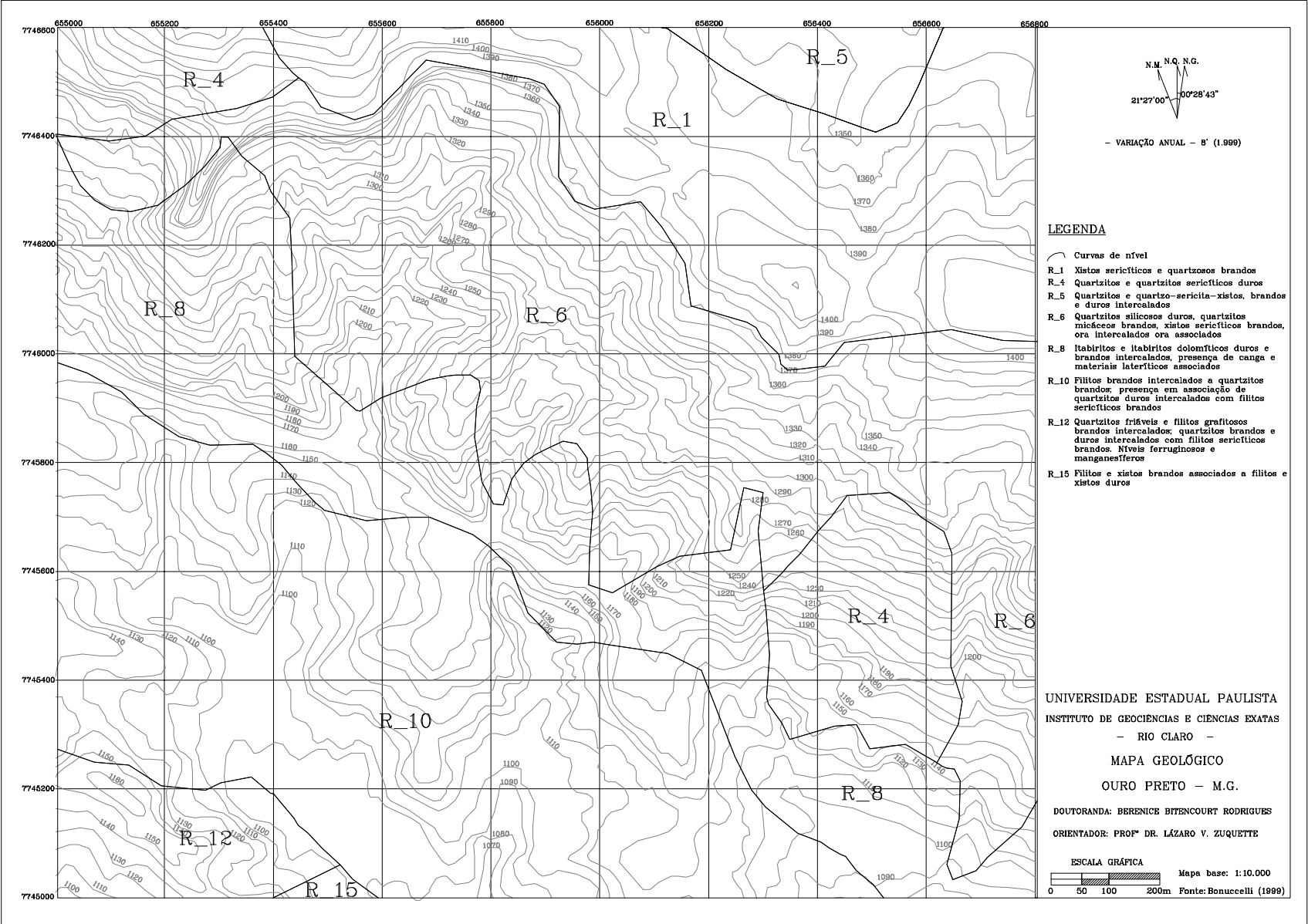
DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO ATIVIDADE DAS FEIÇÕES

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE









	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
A	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1				
B	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1					
C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1/2	1/2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	2	2	2	1/2	1	1	1	1				
D	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1				
E	2/3	2	2	2	2	2/3	2/2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
F	2/3	2	2	2	2/3	2/3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
G	3	2/3	1/2/3	2/3	2/3	3	3	2/3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
H	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
I	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1				
J	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
K	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
L	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2					
M	4/3	4/3	3	3	3	3	3	3	2/3	2/3	2	2	2	2/3	2/3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	2	2	2	2	2	2	2				
N	4	4/3	4/3	3	3	3	3	3	3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
O	4	4	4	4/3	4/3	3	3	3	3	3	3	2/3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
P	4	4	4	4	4/3	4/3	4/3	4/3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2	2/3	2/3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
Q													3	3	3	2/3	2/3	2/3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2					
R													3	3	3	2/3	2/3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
S													4/3	4/3	4/3	4/3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2/3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
T													4	4	4	4/3	4/3	3	3	2/3	2	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
U																					2/3	2/3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
V																					3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
X																					4/3	4/3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Z																					4	4	4/3	4/3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

LEGENDA

- 1 – XISTO
- 2 – QUARTZITO
- 3 – ITABIRITO
- 4 – FILITO
- 1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
 - RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO TIPO LITOLÓGICO PREDOMINANTE

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
 ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
A	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1		
B	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1		
C	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1		
D	2	2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1		
E	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2/3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
F	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2/3	1/2/3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
G	3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	3	3	1/2/3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
H	3	3	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
I	3	3	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
J	3	3	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
K	3	3	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
L	3	3	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		
M	2/3/4	2/3/4	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		
N	4/2	2/3/4	2/3/4	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		
O	4/2	4/2	4/2	2/3/4	2/3/4	3	3	3	3	3	3	1/2/3	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		
P	4/2	4/2	4/2	4/2	2/3/4	2/3/4	2/3/4	2/3/4	3	3	3	3	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2/3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		
Q													3	3	3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2			
R													3	3	3	1/2/3	1/2/3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2		
S													2/3/4	2/3/4	2/3/4	2/3/4	3	3	3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2/3	1/2/3	1/2	1/2	1/2	1/2	2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
T													4/2	4/2	4/2	2/3/4	2/3/4	3	3	1/2/3	1/2	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2	1/2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
U																					1/2/3	1/2/3	3	3	3	1/2/3	1/2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2			
V																					3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2			
X																					2/3/4	2/3/4	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2			
Z																					4/2	4/2	2/3/4	2/3/4	3	3	2/3	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2			

LEGENDA

- 1 – QUARTZITO/XISTO
- 2 – QUARTZITO/ITABIRITO
- 3 – QUARTZITO/XISTO/ITABIRITO
- 4 – FILITO/QUARTZITO/ITABIRITO
- 1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO TIPOS LITOLÓGICOS

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1	1	1
B	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	1	1	
C	2	2	2	2	2	2	2/3	2/3	2/3	1/3	1	1/3	1/3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	3	3	3	1/3	1	1	1	
D	2	2	2	2/3	2/3	2/3	2/3	3	3	3	1/3	1/3	3	3	3	3	3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	
E	2/3	2/3	2/3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
F	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
H	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
I	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
J	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1		
L	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3		
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	3	3	3	3	3	3		
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
O	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
P	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
Q													3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
R													3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2/3	2/3	2/3	3	3	3	3	
S													3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2/3	2	2	2/3	2/3	3	3	3	3
T													3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2/3	2/3	2	2	2	2	2/3	3	3	3
U																					3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2/3	3	3	3	
V																					3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2/3	3	3	3	
X																					3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2/3	3	3	3	
Z																					3	3	3	3	3	3	2/3	2	2	2	2	2/3	3	3	3	

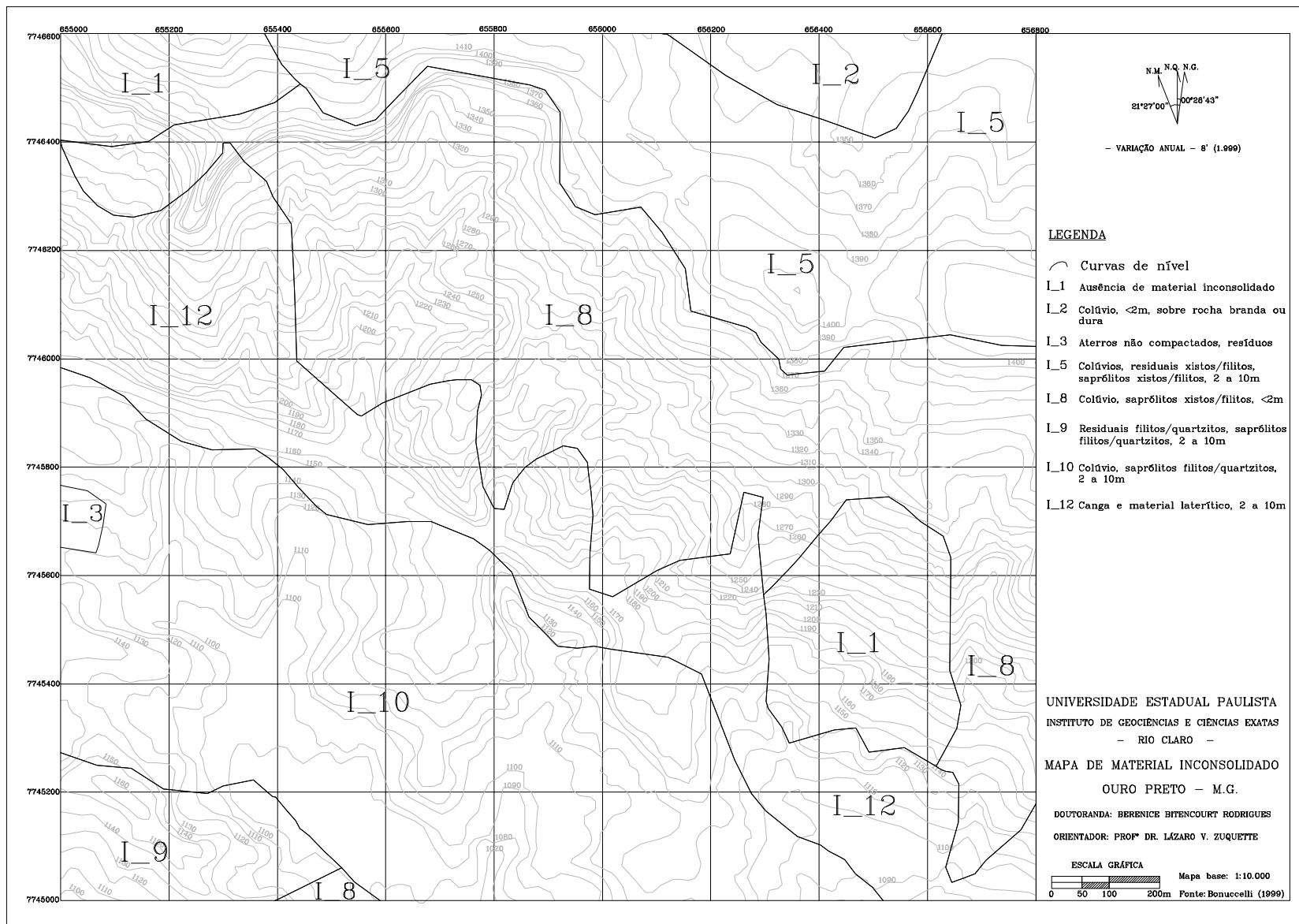
LEGENDA

1 – BRANDA
2 – DURA
3 – INTERCALADA/ASSOCIADA
4 – FRIÁVEL
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO RESISTÊNCIA DOS TIPOS LITOLÓGICOS

DOCTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
A	9	9	9	9	9	9	9	9	8/9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	1/8	1/8	1	1	1	1	1	1	1	1	1/8	8	8	8			
B	9	9	9	9	9	9	9	9	1/6/7/8/9	8	8	8	8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	8	8	8	8	8	1/8	1	1	1	1	1	1	1	1/8	8	8	8	8			
C	9	9	9	9	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7/9	1/6/7/8	1/6/7/8	8	8	1/6/7/8	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	1/8	1/8	1	1	1	1	1/8	8	8	8	8			
D	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7/9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/8/7	1/6/7/8	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	8	8	8		
E	1/6/7/2/3	1/6/7/9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
F	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
G	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
H	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
I	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
J	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
K	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
L	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	1/6/7/8	8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8			
M	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7/8	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7			
N	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7			
O	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7			
P	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7			
Q													2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7		
R													2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7
S													1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7	1/6/7	1/6/7/9	1/6/7/9	9	9	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7
T													1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	1/6/7/9	1/6/7/9	9	9	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7	1/6/7
U																							1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	1/6/7/9	9	9	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7	
V																							2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	9	9	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7		
X																							1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	9	9	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7		
Z																							1/6/7	1/6/7	1/6/7/2/3	1/6/7/2/3	2/3	2/3	9	9	9	9	9	1/6/7/9	1/6/7	1/6/7	1/6/7		

LEGENDA

- 1 – COLÚVIO/TALUS
2 – RESIDUAL MADURO ARENOSO
3 – RESIDUAL MADURO SILTO/ARGILOSO
4 - RESIDUAL JOVEM ARENOSO
5 - RESIDUAL JOVEM SILTO/ARGILOSO
- 6 – SAPRÓLITO ARENOSO
7 – SAPRÓLITO SILTO/ARGILOSO
8 – ATERROS
9 – AUSÊNCIA
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO TIPO DE MATERIAL INCONSOLIDADO

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
A	7	7	7	7	7	7	7	4/5/7	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4/5	3/4/5	3	3	3	3	3	3	3	3	3/4/5	4/5	4/5	4/5		
B	7	7	7	7	7	7	7	7	4/5/7	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4/5	3	3	3	3	3	3	3	3/4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
C	7	7	7	7	7	7	7	1/3/7	1/3/7	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5/1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4/5	3/4/5	3	3	3	3	3/4/5	4/5	4/5	4/5	4/5		
D	7	7	7	1/3/7	1/3/7	1/3/7	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5	4/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4/5	3/4/5	3/4/5	3/4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5		
E	1/2/3	1/3/7	1/3/7	1/3	1/3	1/2/3	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5		
F	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/2/3	1/2/3	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
G	2	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5		
H	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
I	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
J	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
K	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	
L	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	4/5/1/3		
M	1/3	1/3	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2/3	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	4/5/1/3	4/5/1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3		
N	1/3	1/3	1/3	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/2/3	1/2/3	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3			
O	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3		
P	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	2	2	2	2	2	2	2	1/2/3	1/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3		
Q													2	2	2	1/2/3	1/2/3	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3			
R													2	2	2	1/2/3	1/2/3	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3/7	1/3/7	1/3/7	1/3/7	1/3	1/3	1/3	1/3		
S													1/3	1/3	1/2/3	1/2/3	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2/3	1/3	1/3	1/3	1/3/7	7	7	7	7	1/3/7	1/3	1/3	1/3
T													1/3	1/3	1/3	1/3	1/2/3	2	2	2	1/2/3	1/3	1/3	1/2/3	1/2/3	1/2/3	1/3/7	1/3/7	7	7	7	7	1/3/7	1/3	1/3	1/3		
U																					1/2/3	1/2/3	2	2	2	2	1/3/7	7	7	7	7	7	1/3/7	1/3	1/3	1/3		
V																					2	2	2	2	2	2	7	7	7	7	7	7	1/3/7	1/3	1/3	1/3		
X																					1/2/3	1/2/3	2	2	2	2	7	7	7	7	7	7	1/3/7	1/3	1/3	1/3		
Z																					1/3	1/3	1/2/3	1/2/3	2	2	7	7	7	7	7	7	1/3/7	1/3	1/3	1/3		

LEGENDA

- 1 – A5 (ISRM) – SOLOS SAPROLÍTICOS
2 – A6 (ISRM) – SOLOS RESIDUAIS
3 – COLÚVIOS
4 – ATERROS NÃO COMPACTADOS
5 – DEPÓSITOS DE REJEITOS E RESÍDUOS
- 6 – ALUVIÕES
7 – AUSÊNCIA
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -**

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIB. CARAC. DE RESISTÊNCIA DO MAT. INCONSOL.

**DOCTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
A	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	2/1	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2		
B	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4/2/1	2	2	2	2	2/1	2/1	2/1	2/1	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2			
C	4	4	4	4	4	4	4/1	4/1	2/1	2/1	2	2	2/1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2			
D	4	4	4	4/1	4/1	4/1	1	1	1	1	2/1	2/1	1	1	1	1	1	1	37258	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	2/1	2/1	2/1	2	2	2	2			
E	1/2	4/1	4/1	1	1	2/1	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
F	1/2	1	1	1	2/1	2/1	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
G	2	1/2	2/1	2/1	2/1	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2/1	2/1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
H	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
I	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
J	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
K	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2/1	2/1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
L	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2/1	2	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1			
M	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	2/1	1	1	1	1	2/1	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2/1	2/1	3/1	1	1	1	1	1	1	1			
N	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	2/1	2/1	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
O	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
P	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	2/1	2/1	2/1	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Q													2	2	2	2/1	2/1	2	2	2/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
R													2	2	2	2/1	2/1	2	2	2/1	1	1	1	1	1	2/1	1	1	4/1	4/1	4/1	4/1	1	1	1	1	1		
S													2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	1	1	2/1	2/1	1	4/1	4	4	4	4	4/1	1	1	1	1	1	
T													2	2	2	2	2	2	2	2/1	1	1	2/1	2/1	2/1	2/1	4/1	4/1	4	4	4	4	4	4/1	1	1	1	1	1
U																						2/1	2/1	2	2	2	2	4/1	4	4	4	4	4	4/1	1	1	1	1	
V																						2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4/1	1	1	1	1
X																						2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4/1	1	1	1	1
Z																						2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4/1	1	1	1	1

LEGENDA

1 – < 2 m
2 – 2 a 10 m
3 – > 10 m
4 – AUSÊNCIA
1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -**

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO ESPESSURA DO MATERIAL INCONSOLIDADO

**DOCTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36						
A	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5/1	5/1	1	1	1	1	1	1	1	5	5/1	5	5	5						
B	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5	5	5	5	5	5	5/1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5						
C	6	6	6	6	6	6	6/1	6/1	5/1	5/1	5	5	5/1	1	1	1	1	1	5/1	5	5	5	5	5	5	5/1	5/1	1	1	1	1	5	5	5	5	5						
D	6	6	6	6/1	6/1	6/1	1	1	1	1	5/1	5/1	1	1	1	1	1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5/1	5/1	5/1	5	5	5	5	5						
E	1	6/1	6/1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5/1	5/1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
I	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
J	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5/1	5/1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5/1	5	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1	5/1							
M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5/1	5/1	5/1	1	1	1	1	1	1							
N	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Q													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
R													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6/1	6/1	6/1	6/1	1	1	1	1	1					
S													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6/1	6	6	6	6	6/1	1	1	1	1					
T													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6/1	6/1	6	6	6	6	6/1	1	1	1	1					
U																						1	1	1	1	1	1	6/1	6	6	6	6	6/1	6	6	6	6	6/1	1	1	1	1
V																						1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/1	6	6	6	6	6/1	1	1	1	1
X																						1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/1	6	6	6	6	6/1	1	1	1	1
Z																						1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/1	6	6	6	6	6/1	1	1	1	1

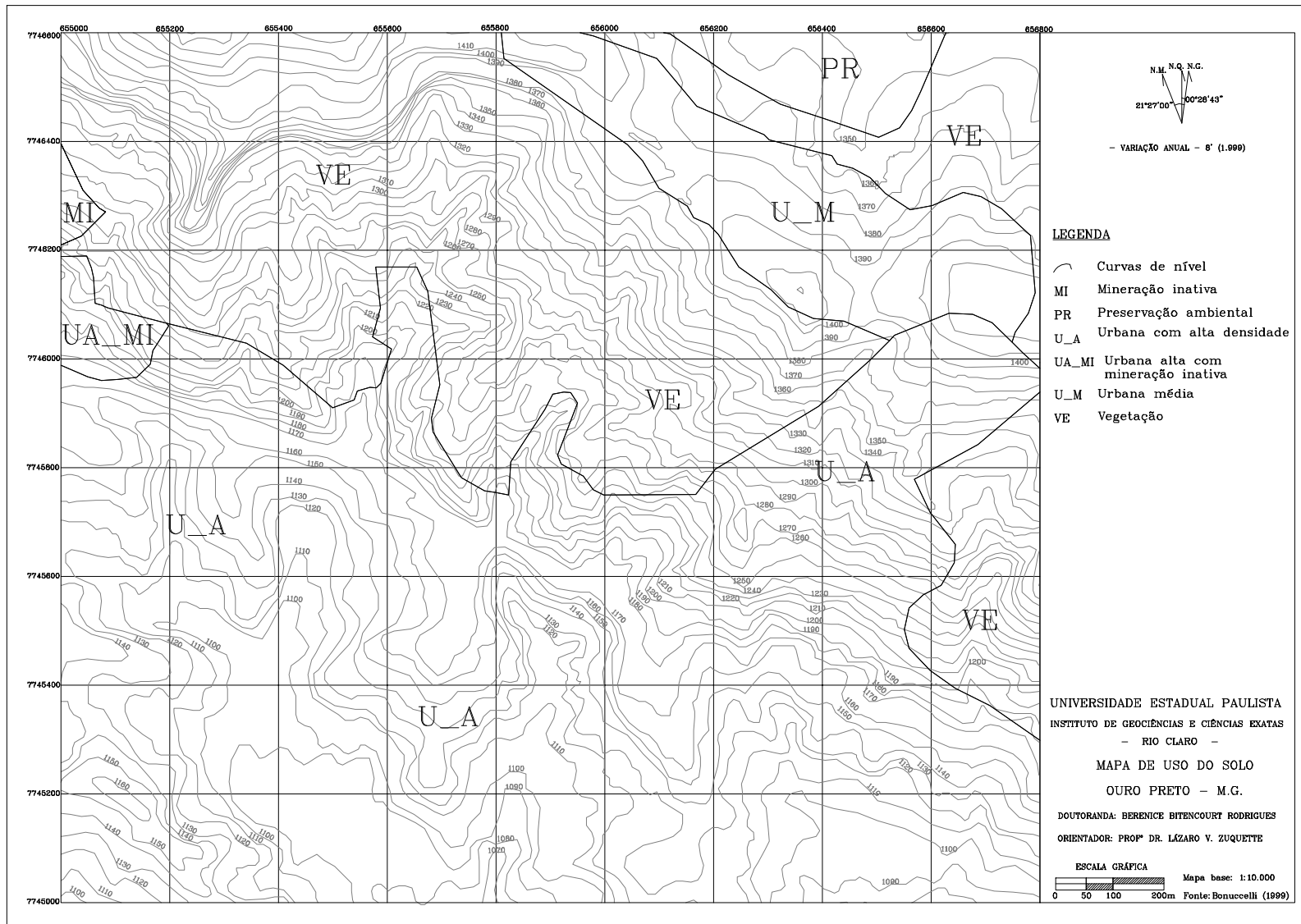
LEGENDA

- 1 – MATERIAL INCONSOLIDADO/ROCHA
- 2 – MATERIAL INCONSOLIDADO RESIDUAL SOBRE SAPRÓLITO
- 3 – FRATURAS, FOLIAÇÃO, JUNTAS, OUTRAS DESC. TECTÔNICAS
- 4 – CONTATOS LITOLÓGICOS
- 5 – OUTROS
- 6 – AUSÊNCIA
- 1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
 - RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO DESCONTINUIDADE DO MAT. INCONSOL.

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
 ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
A	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
B	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	2	2	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
C	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	3	3	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
D	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	3	3	2	2	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	2	3	2	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
F	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	2	2	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5					
G	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	2	2	1	5	5	5	5	5	5	5	5					
H	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1					
I	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
J	1	2	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2					
K	2	2	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	6	6	6	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1					
L	2	2	2	1	1	1	1	1	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
M	2	2	2	2	2	2	2	2	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
N	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
O	1	1	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
P	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Q													1	4	1	1	3	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
R													1	1	1	3	4	3	1	1	1	1	1	2	2	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
S													1	1	1	3	4	2	2	2	2	1	1	2	2	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
T													1	1	1	3	4	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
U																					2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
V																									2	2	2	2	2	2	6	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
X																									2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
Z																									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1

LEGENDA

- 1 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO, ETC.)
- 2 – EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, PRIVADAS OU PÚBLICAS DE USO CONTÍNUO OU ESPORÁDICO, INFRA-ESTRUTURA (VIAS, ENERGIA, ÁGUA, SANEAMENTO ETC.)
- 3 – EDIFICAÇÕES COMERCIAIS E INDUSTRIAIS
- 4 – ÁREAS ABERTAS (PRAÇAS, PARQUES ESPORTIVOS, QUADRAS, ETC.)
- 5 – AGROPECUÁRIA
- 6 – SEM USO (SEM CONSTRUÇÃO)

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -**

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO TIPO DE USO DO SOLO

**DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
A	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
B	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	2	2	2	2	2	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
C	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
D	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	1	3	2	2	3	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
F	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	2	3	3	2	2	1	4	4	4	4	4	4	4			
G	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4			
H	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	3	2	1	2	1	2	2	2	2	2			
I	3	2	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	1			
J	3	3	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	1	1			
K	4	4	3	3	1	2	1	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	1	1			
L	4	4	3	2	2	1	2	2	5	5	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1			
M	4	4	4	4	4	4	3	3	5	1	2	2	3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1			
N	5	5	4	5	5	5	5	5	2	2	3	3	4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1			
O	4	5	5	3	4	4	5	5	4	4	4	5	5	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2			
P	4	4	3	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	2	2	2	2	1	2	2	2				
Q													4	3	1	1	3	3	1	1	1	1	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
R													4	3	3	4	4	3	2	2	1	1	1	2	4	4	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2		
S													3	2	2	4	3	5	5	4	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	
T													3	2	2	3	5	5	5	5	5	5	4	4	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	
U																							5	5	5	5	3	3	3	3	3	1	1	2	2	2	2	2	
V																							3	5	5	5	4	4	4	4	3	1	1	1	2	2	2	2	2
X																							3	5	5	5	4	4	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1
Z																							3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2	2	2	2	2

LEGENDA

- 1 – < 5%
- 2 – 5 a 20%
- 3 – 20 a 50%
- 4 – 50 a 90%
- 5 – > 90%

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO ÁREA OCUPADA - USO DO SOLO

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1				
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1				
I	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1				
J	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1				
K	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	2	2	1	1				
L	3	3	3	2	2	1	1	2	1	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1				
M	3	3	4	4	4	3	3	3	1	2	3	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	3	3	2	2	1	1	1				
N	3	3	3	4	4	4	4	4	2	2	3	3	3	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	3	3	2	2	1	1	1	1				
O	3	3	2	2	4	3	3	4	4	4	4	4	4	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	3	1	1	2	2	2	2				
P	3	3	2	2	2	3	3	4	3	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	3	1	2	3	3	1	1	2	2	2	2				
Q													3	3	1	1	3	2	1	1	1	1	2	2	3	3	2	3	3	1	2	2	2	2	2					
R													2	2	2	2	3	3	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	3	3	1	1	2	2	2	2	2			
S													2	2	2	2	2	4	4	4	2	1	2	2	1	2	1	3	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2		
T													1	2	1	2	3	4	3	4	2	2	2	3	2	2	2	3	3	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	
U																							4	4	4	4	3	3	4	2	3	1	1	2	2	2	2	1		
V																							2	4	4	4	4	4	1	3	3	1	1	1	2	2	2	2	2	
X																							2	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Z																							2	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1

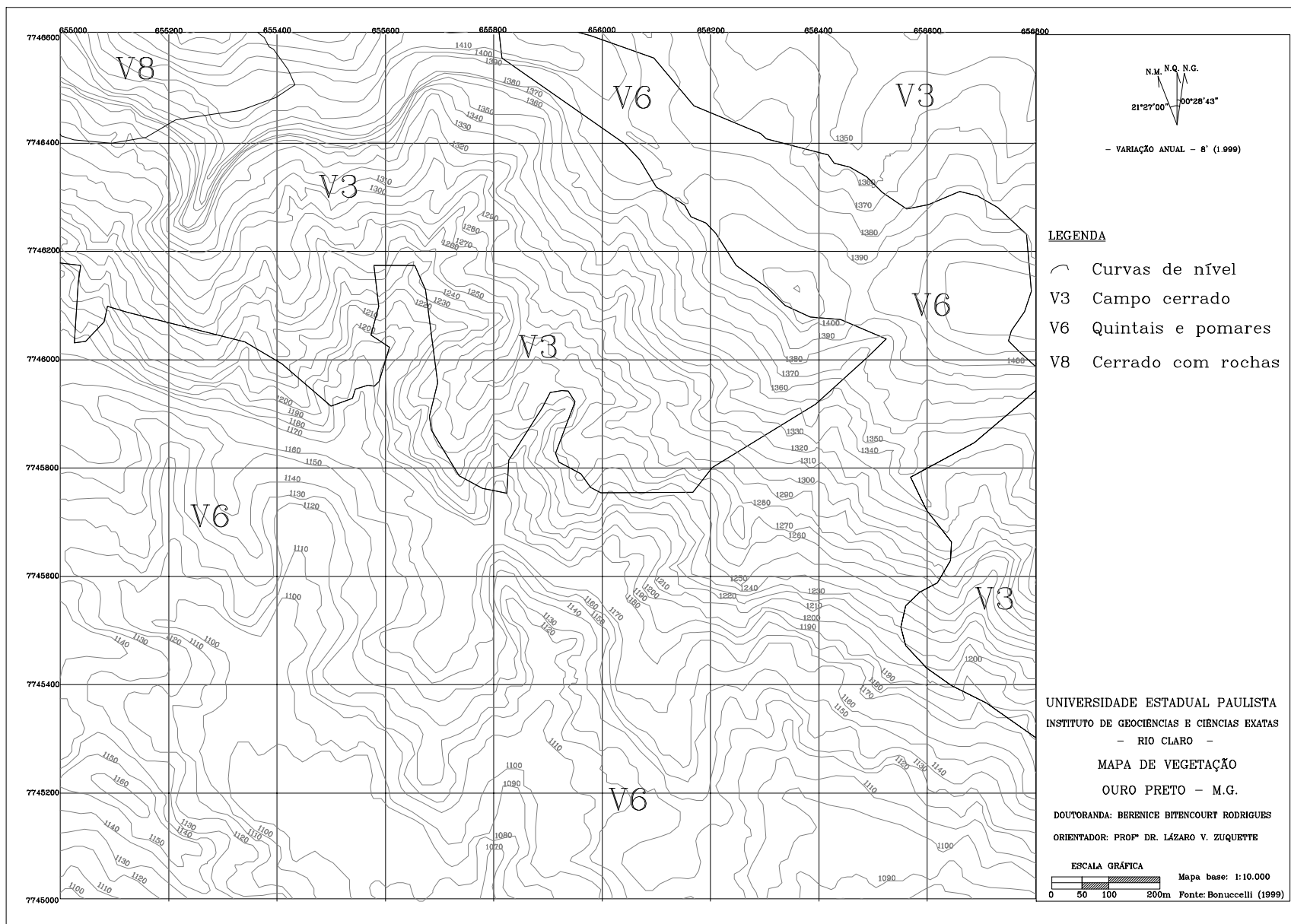
LEGENDA

- 1 – < 2
- 2 – 2 A 5
- 3 – 5 A 10
- 4 – > 10

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO NÚMERO DE TALUDES ARTIFICIAIS

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
A	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1/3	3	3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	2	2	2	2	2	2	2	2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C	2	2	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	3	3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D	1/2	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E	1	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	1	1/3	1	1
G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1
H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3
I	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3
J	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	1/3	4	4	3	3	4	4	3	3	1/3
K	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1/3	4	4	4	4	4	4	4	3	1/3
L	1/3	1/3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	3	3	1/3
M	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	1	1/3	3	1/3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	1/3
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	3	1/3	1	1	1	1/3	1/3	1	1	1	1	1	4	4	1	4	4	4	4	3	3	3	3	1/3
O	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1	1	1	1/3	1/3	1	1	1	4	4	4	1/3	1/3	4	4	4	4	4	3	3	1/3	1
P	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	4	1/3	1/3	1	1	1	4	4	1/3	1/3	3	4	4	4	3	4	1/3	1/3	1	1
Q													3	3	1/3	1/3	4	4	1/3	1/3	1	1	4	4	1/3	3	3	4	4	3	3	4	4	1	1	1
R													3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	1/3	4	4	1	1
S													3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	1/3	4	1	1	1
T													3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	1/3	4	1	1
U																					3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	1/3	1/3	4	1	1
V																					3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	3	1/3	1	4	1	1
X																					3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	1/3	1	4	1	1
Z																					3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	1/3	1/3	4	1	1

LEGENDA

- 1 – CAMPO CERRADO
- 2 – CERRADO COM ROCHAS
- 3 – QUINTAIS E POMARES
- 4 – MATA
- 1/2 – COMPOSIÇÃO DE TIPOS

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -**

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO TIPO DE VEGETAÇÃO

**DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
A	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
B	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
C	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
D	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2			
F	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2			
G	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2			
H	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
I	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
J	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	3			
K	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	3	3			
L	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	3	3			
M	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	4	4	4	4	3	3	3	3	3			
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	4	4	2	4	4	4	4	3	3	3	3	3			
O	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	2			
P	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	3	3	2	2	2	4	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3	2	2			
Q													3	3	3	3	4	4	3	3	2	2	4	4	3	3	3	4	4	3	3	4	4	2	2	2	2		
R													3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	2	2	2	2	2	
S													3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	2	2	2	2	2
T													3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	2	2	2	2	2
U																						3	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	2	2	2	2
V																						3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	3	3	2	4	2	2	2	2
X																						3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	2	4	2	2	2	2	
Z																						3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	2

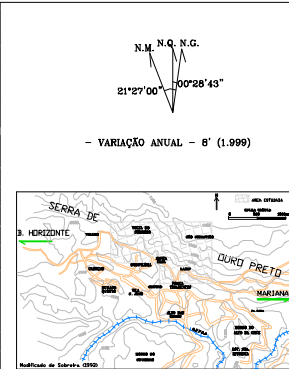
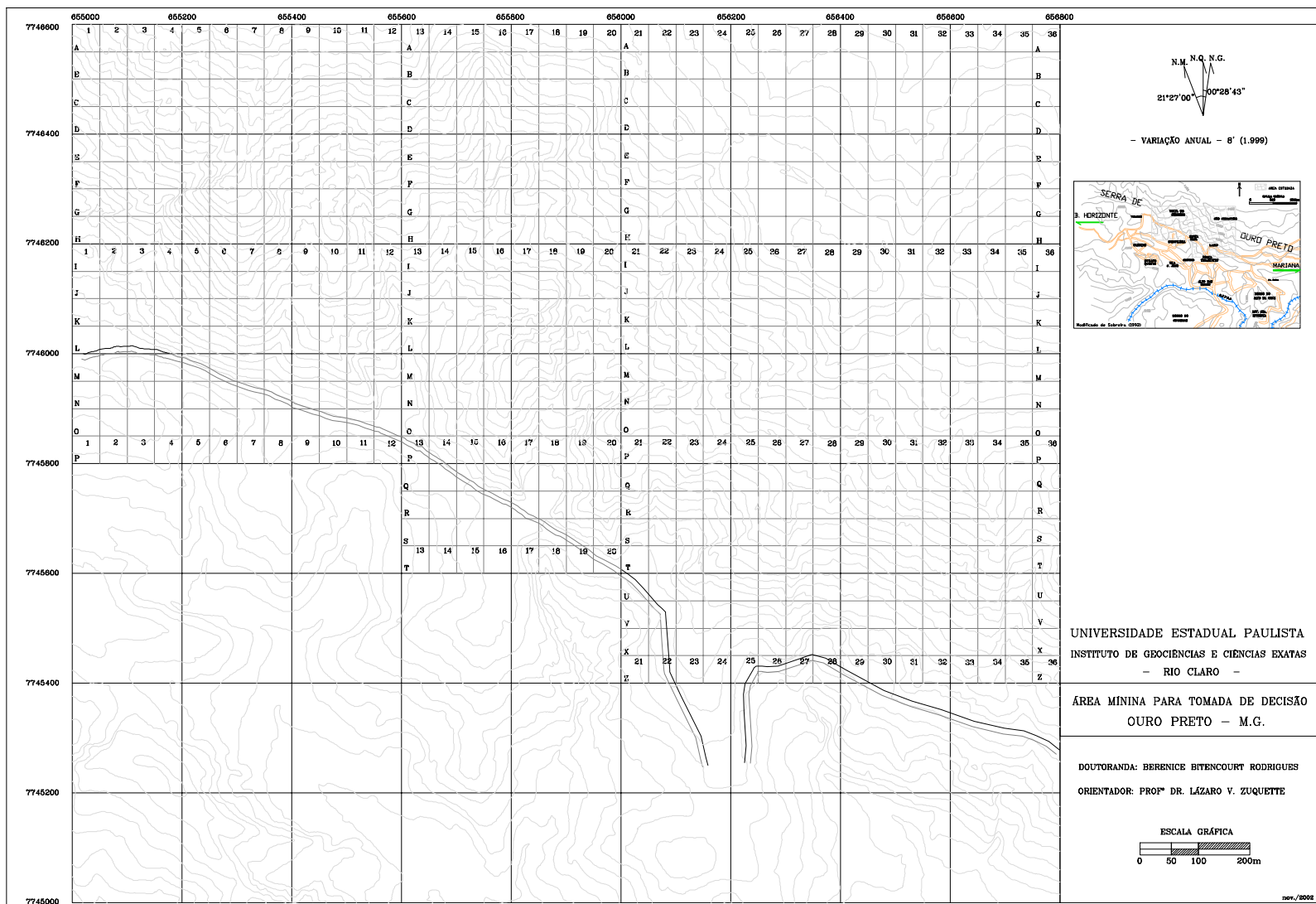
LEGENDA

- 1 – < 5%
- 2 – 5 a 20%
- 3 – 20 a 70%
- 4 – > 70%

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES POR CELA DO ATRIBUTO ÁREA OCUPADA - VEGETAÇÃO

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO VALENTIM ZUQUETTE



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
- RIO CLARO -

ÁREA MINÉRIA PARA TOMADA DE DECISÃO
OURO PRETO - M.G.

DOUTORANDA: BERENICE BITENCOURT RODRIGUES
ORIENTADOR: PROF. DR. LÁZARO V. ZUQUETTE

