

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CCMN **INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

A INTERFACE CARTOGRAFIA-GEOECOLOGIA NOS ESTUDOS
DIAGNÓSTICOS E PROGNÓSTICOS DA PAISAGEM:
UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS
ANALÍTICO-INTEGRATIVOS

PAULO MÁRCIO LEAL DE MENEZES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO

ORIENTADORA: PROF^a DR^a ANA LUIZA COELHO NETTO

Rio de Janeiro

2000

1106
M543I

2001-2011

UF RJ	
Centro de Ciências Matemática e de Natureza	
Biblioteca Central	
N.º REGISTRO	DATA
960/01	25/04/2001
ORIGEM	
Doação - UFRJ / PPGC	

inv. 2014

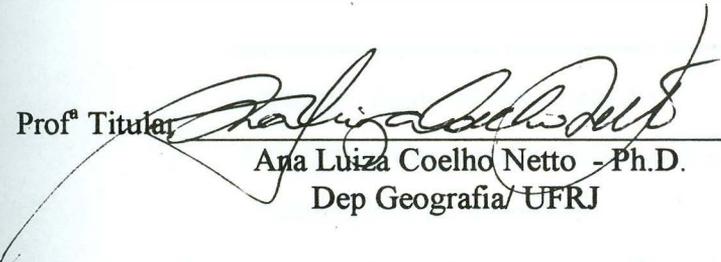
**A INTERFACE CARTOGRAFIA-GEOECOLOGIA NOS ESTUDOS
DIAGNÓSTICOS E PROGNÓSTICOS DA PAISAGEM:
UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROCEDIMENTOS
ANALÍTICO-INTEGRATIVOS**

PAULO MÁRCIO LEAL DE MENEZES

Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências (D.Sc).

Aprovada por:

Profª Titular



Ana Luiza Coelho Netto - Ph.D.
Dep Geografia/ UFRJ

- Orientadora

Profª Drª



Lia Osório Machado - Ph. D.
Dep Geografia/ UFRJ

Prof Dr



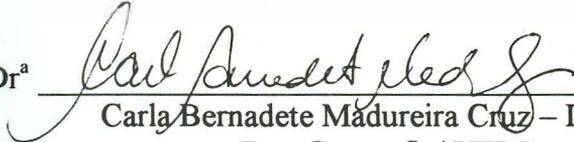
Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva - DE
Dep Cartografia/ IME

Prof Dr



Murilo Cardoso de Castro - D. Sc.
IBGE

Profª Drª



Carla Bernadete Madureira Cruz - D. Sc.
Dep Geografia/ UFRJ

FICHA CATALOGRÁFICA

Menezes, Paulo Márcio Leal de.

A Interface Cartografia-Geoecologia nos Estudos
Diagnósticos e Prognósticos da Paisagem:

Um Modelo de Avaliação de Procedimentos

Analítico-Integrativos [Rio de Janeiro], 2000

Xi, 260 p. (IGEO/ UFRJ, D.Sc., GEOGRAFIA, 2000)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro. IGEO

1. Geoecologia.2.Geo-Hidroecologia.3.Cartografia.

4..Geoprocessamento. 5. Tese

A Deus, no fim
A quem nada
mede o tempo, com
Ao Espírito
sagrado de Deus
Ao Tribunal
Eclesiástico de
Belo Horizonte
A Prof. Dr.ª
Luzinete, com
A Prof. Dr.ª
Luzinete, com
Ao Prof. Dr. Leal
Medeiros, com
A Prof. Dr. Leal
Medeiros, com
Ao doutor
Maurício, com
A Câmara
Municipal de
Belo Horizonte
A CMA
Municipal de
Belo Horizonte
A "Comissão"
de Trabalho
Ao Ilmo. Sr.
Gen. J. J. J.
Ao Ilmo. Sr.
Gen. J. J. J.
A todos os
Belo Horizonte

À Claudia Regina Barros Bastos Menezes
À Elza de Medeiros Leal Menezes
À Maurício Alves Menezes (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

À Deus, na forma que O concebo.

À este nosso imenso Brasil, do qual, mesmo as vezes envergonhando-me de alguns brasileiros, orgulho-me de sê-lo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, pela aceitação da minha proposta de trabalho.

Ao PRONEX II/FINEP – CNPq, vinculado ao Projeto “Engenharia Geotécnica e Hidrologia no Sistema Encosta – Planície Costeira”, pelo suporte ao desenvolvimento deste trabalho.

À Prof^a Dr^a Ana Luiza Coelho Netto, orientadora e amiga, pelas orientações, conversas, discussões, confiança e toda ajuda prestada para a realização deste trabalho.

À Prof^a Dr^a Carla Bernadete Madureira Cruz, pelas discussões, incentivos e participação na Banca Examinadora.

Ao Prof Dr Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva, pelas conversas, disponibilidade e participação na Banca Examinadora.

À Prof^a Dr^a Lia Osório Machado e ao Prof Dr Murilo Cardoso de Castro, pela participação na Banca Examinadora.

Ao doutorando Manoel do Couto Fernandes, por toda a ajuda dada, amizade e incentivos, para que este trabalho chegasse ao fim.

À Cláudia Regina, minha esposa, pela compreensão e constante incentivo para que este trabalho fosse concluído.

À Elza Menezes e Maurício Menezes (*in memoriam*), por tudo que me ensinaram e orientaram. Sem eles, nada disso seria possível.

À “escraviária” fiel e amiga, Marcelle Gomes Figueira, por toda a ajuda prestada para este trabalho.

Ao aluno Érico Vernot do Amaral, também “escraviário”, durante seu tempo no GeoCart, pelo auxílio prestado.

Ao aluno Emerson Magnus de A. Xavier, do Dep de Engenharia Cartográfica do IME, pela ajuda prestada no desenvolvimento dos programas computacionais deste trabalho.

À todos aqueles, que de uma forma ou outra, através de conversas, incentivos e discussões, deram a força necessária para que este trabalho chegasse ao término.

Mostre-me um geógrafo que não necessite deles (mapas) constantemente e os queira ao seu redor e eu terei minhas dívidas se ele fez a correta escolha em sua vida. O mapa fala através da barreira da linguagem. (SAUER, 1963).

RESUMO

Este trabalho desenvolve uma pesquisa dentro de três áreas do conhecimento, a Geoecologia, a Cartografia e o Geoprocessamento, através de sua principal ferramenta de análise, os Sistemas de Informações Geográficas, procurando revisar seus conceitos, estabelecendo ligações e relacionamentos entre elas. São tratados e apresentados, inicialmente os conceitos de Geoecologia, Paisagem e Geo-Hidroecologia, como os elementos de base do trabalho. Os conceitos de Cartografia são também revisados, tanto sob o seu aspecto básico, como principalmente sob o enfoque que a ótica computacional veio a lhe emprestar. O Geoprocessamento é abordado, através dos SIG, fazendo-se o interrelacionamento entre as três áreas, adaptando-se visões e conceitos de aplicação.

No contexto criado por este relacionamento, é proposto um modelo de avaliação de resultados de processos analíticos, realizados em SIG, visando criar uma estrutura que permita estabelecer uma propagação de influências das diversas variáveis que estejam envolvidas no processo analítico, bem como o seu correlacionamento. Por extensão, o modelo também é aplicado para o estudo de correlação e análise de relevância ou hierarquização entre os resultados de processos analíticos diversos, que coexistam sob uma mesma base de dados e uma mesma área geográfica. Foram avaliados resultados de aplicação teórica e prática sobre uma base de dados de um Projeto de Qualidade Ambiental, na Cidade do Rio de Janeiro, RJ.

Os resultados alcançados mostraram a viabilidade de emprego do modelo proposto em processos analíticos em SIGs, não só para aqueles sob a visão geo-hidroecológica, mas também para outros processos, qualitativos e quantitativos, permitindo avaliar a relevância e o correlacionamento das variáveis componentes e de dois ou mais processos analíticos, visando gestões sobre modelos diagnósticos e prognósticos.

ABSTRACT

This thesis develops a research in three knowledge areas: Geoecology, Cartography and Geoprocessing, through its main analysis tool, Geographical Information Systems, looking for to revise their concepts, to establish links and relationships among them. The concepts of Geoecology, Landscape and Geo-hidroecology are presented, as the base elements of the search. The concepts of Cartography are also revised, under its basic approach, and mainly under a computational approach. The Geoprocessing is approached by GIS. So the relationships among the three areas are done, adapting application concepts and approach visions.

Under these relationships, it's proposed an evaluation model of analytical processes in GIS, in order to create one structure to define an influence propagation of the variables involved in the process, as well as their correlations. The model is also applied to define the correlation and relevance among distinct analytical processes, under the same database and geographical area. Processes from a theoretical and practical application of an Environmental Quality Project database were evaluated, in Rio de Janeiro City, RJ.

The obtained results showed the viability of the proposed mode in analytical processes in GIS, not only under geo-hidroecological approach, but it can also be used under other quantitative and qualitative processes. The model is able to evaluate the behavior of relevance and correlation, among variables and processes, to do actions on diagnostic and prognostic models.

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1.1 – Relacionamento entre Geoecologia, Cartografia e Geoprocessamento.	4
Figura 2.1 – Interações das esferas terrestres – Após MATTSON, (1938)	10
Figura 2.2 – Interações e influências externas entre as esferas terrestres - Adaptação de (HUGGET, 1995)	11
Figura 2.3 – Visão segundo COELHO NETTO	11
Figura 2.4 – Diagrama das Esferas Terrestres adotado pelo trabalho	12
Figura 2.5 – Interações consideradas pela Geoecologia	20
Figura 2.6 – Estrutura hierárquica de <i>holons</i>	26
Figura 2.7 – Estrutura hierárquica de observação	27
Figura 2.8 – Esquema da complexidade da interação sociedade-natureza (adaptado de RUDENKO & BOCHKOVSKAYA, 1994)	29
Figura 3.1 – Sistema de Comunicação Cartográfica	43
Figura 3.2 – Mapa Ideal	44
Figura 3.3 – Modelo Simples de Comunicação Cartográfica	44
Figura 3.4 – Esquema do ciclo ideal da comunicação cartográfica	45
Figura 3.5 – Esquema do ciclo real entre cartógrafo e usuário	46
Figura 3.6 – Esquema do ciclo de comunicação falho	46
Figura 3.7 – Esquema representativo da transformação da informação geográfica em cartográfica	50
Figura 3.8 – Transformação projetiva	52
Figura 3.9 – Esquema conceitual da generalização (Adaptado de JONES (1997))	55
Figura 3.10 – Escalas de observação (ROBINSON, 1995)	58
Figura 3.11 – Elementos gráficos primários	59
Figura 4.1 – Intercessão e relacionamento entre tecnologias e SIG	63
Figura 4.2 – Componentes de Hardware	64
Figura 4.3 – Componentes de software de um SIG	65
Figura 4.4 – Base de dados geográfica	66

Figura 4.5 –	Propriedades dos objetos geográficos	69
Figura 4.6 –	Tipos de unidades espaciais ou geográficas (LAURINI, 1992)	70
Figura 4.7 –	Amostragem de temperatura e isotermas geradas.	71
Figura 4.8 –	Representação por amostragem, isolinhas e isopletas	72
Figura 4.9 –	Mapa coropletico do Município do Rio de Janeiro	72
Figura 4.10 –	Representações temporais (LAURINI, 1992)	74
Figura 4.11 –	Mapa de Acidentes Ambientais na Baía de Guanabara	74
Figura 4.12 –	Evolução de área urbana em duas épocas (RAMALHO, 1999)	75
Figura 4.13 –	Representação analógica	75
Figura 4.14 –	Modelos de representação gráfica	76
Figura 4.15 –	Estrutura de Camadas	78
Figura 4.16 –	Correlação espacial no modelo matricial	79
Figura 4.17 –	Propriedades da topologia	80
Figura 4.18 –	Estruturações topológicas para uma área da Cidade do Rio de Janeiro	81
Figura 4.19 –	Tipos de consulta possíveis em um SIG	82
Figura 4.20 –	Classificação dos problemas geográficos	83
Figura 4.21 –	Fluxograma esquemático da análise espacial	84
Figura 4.22 –	Exemplos de operações booleanas	86
Figura 4.23 –	Exemplo de mapa de solos	87
Figura 5.1 –	Mapa Qualitativo da Paisagem – Mar de Aral, Rússia	98
Figura 5.2 –	Evolução da paisagem semi-urbana de Lyon, França (STEINBERG & HUSSER, 1988)	99
Figura 5.3 –	Mapas de Uso e Cobertura do Solo 1972 e 1986. Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ (GEOHECO, 2000)	100
Figura 5.4 –	Mapa Hidrogeomorfológico, Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ (GEOHECO, 2000)	101
Figura 5.5 –	Mapa de Mapa de Vulnerabilidade do Ecossistema Florestal, Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ (GEOHECO, 2000)	103
Figura 5.6 –	Mapa de Susceptibilidade à Incêndios, Fase 1. Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, (GEOHECO, 2000)	104

Figura 5.7 –	Mapa de Riscos de Deflagração e Propagação de Incêndios, Fase 1, Maciço da Tijuca, rio de Janeiro, RJ, GEOHECO (2000)	105
Figura 6.1 –	Estrutura dos modelos matemáticos	118
Figura 6.2 –	Relacionamento Modelo Digital da Paisagem e Modelo Digital Cartográfico	120
Figura 6.3 –	Distribuição de setores censitários	121
Figura 6.4 –	Influência do peso em uma média ponderada	130
Figura 7.1 –	Análise booleana simples e <i>overlay</i> ponderado	136
Figura 7.2 –	Esquema genérico de pertinência de um conjunto nebuloso	137
Figura 7.3 –	Modelo Funcional de Classe	140
Figura 7.4 –	Esquema do modelo funcional completo do SIG	141
Figura 7.5 –	Distribuição esquemática dos processos analíticos, para a avaliação teórica	146
Figura 7.6 –	Área de estudo do Projeto	156
Figura 7.7 –	Mapa do Maciço da Tijuca, sobressaindo-se as Fases de trabalho do Projeto	157
Figura 7.8 –	Fluxograma da Fase 1	158

LISTA DE TABELAS

	Pag
Tabela 2.1 – Conceitos e definições de Geoecologia	19
Tabela 3.1 – Classificação dos Mapas segundo as Escala de Representação	38
Tabela 3.2 – Tipos de sistemas de coordenadas associados ao georreferenciamento	42
Tabela 3.3 – Principais Projeções Cartográficas Utilizadas no Brasil	53
Tabela 4.1 – Componentes e funções dos módulos da base de dados	67
Tabela 4.2 – Atributos gerais dos dados e informações geográficas	68
Tabela 4.3 – Características gerais dos dados e informações geográficas	68
Tabela 4.4 – Vantagens e desvantagens do modelo vetorial	77
Tabela 4.5 – Vantagens e desvantagens do modelo matricial	77
Tabela 4.6 – Propriedades da topologia	80
Tabela 5.1 – Significado e conceito associado de mapas de avaliação	102
Tabela 6.1 – Estatísticas principais de análise de resultados	124
Tabela 7.1 – Distribuição de variáveis e áreas dos mapas componentes	145
Tabela 7.2 – Áreas de contribuição do processo analítico 1	147
Tabela 7.3 – Áreas de contribuição do processo analítico 2	147
Tabela 7.4 – Valores da influência das variáveis nos processos analíticos	148
Tabela 7.5 – Valores de influência propagados ao mapa resultado do Processo 1	152
Tabela 7.6 – Composição e descrição das variáveis dos mapas básicos da Fase 1	161
Tabela 7.7 – Composição e descrição das variáveis dos mapas básicos da Fase 2	162
Tabela 7.8 – Descrição dos Mapas Resultados Fase 1	163
Tabela 7.9 – Descrição dos Mapas Resultados Fase 2	164
Tabela 7.10 – Dimensões das Matrizes de Contribuição de Área	169
Tabela 7.11 – Influências atribuídas para as Fases 1 e 2	172
Tabela 7.12 – Indicadores de Matrizes Mal Condicionadas	179
Tabela 8.1 – Resultados positivos e negativos - Fase 1	190

Tabela 8.2 – Resultados da aplicação do Modelo ao Processos de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa - Fase 1	190
Tabela 8.3 – Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios	192
Tabela 8.4 – Resultados da aplicação do Modelo ao Processos de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa - Fase 2	193
Tabela 8.5 – Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios – Fase 2	195

LISTA DE ANEXOS

	Pag
ANEXO 1 - MAPAS DA FASE 1	209
ANEXO 2 - MAPAS DA FASE 2	222
ANEXO 3 - DOCUMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE VARREDURA	235
ANEXO 4 - DOCUMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE CÁLCULO	239
ANEXO 5 - RESULTADOS DA FASE 1	243
ANEXO 6 - RESULTADOS DA FASE 2	258

SUMÁRIO

	Pag	
1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Posicionamento do Trabalho	1
1.2	Hipótese da Pesquisa	4
1.2.1	Objetivo Principal	5
1.2.2	Objetivos Secundários	5
1.3	Desenvolvimento do Trabalho	6
2	GEOECOLOGIA	8
2.1	Esferas Terrestres	8
2.1.1	Geoesferas	8
2.1.2	Biosfera, Ecosfera e Pedosfera	9
2.2	O Conceito de Paisagem	12
2.2.1	Geocossistemas	15
2.3	Conceitos de Geoecologia	17
2.4	Abordagem Holística e Sistêmica da Geoecologia	21
2.4.1	Teoria Holística ou Holismo	21
2.4.2	Abordagem Sistêmica e Hierárquica	22
2.5	Geo-hidroecologia	27
3	CARTOGRAFIA E REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA	32
3.1	Definições e Conceito de Cartografia	32
3.1.1	Divisão da Cartografia	34
3.2	Mapa: Conceitos e Definições	36
3.2.1	Conceito de Mapa	37
3.2.2	Definição de Mapa	37
3.2.3	Classificação de Mapas	37
3.3	Conceitos Complementares	40
3.3.1	Geóide e Elipsóide	40
3.3.2	Sistemas de Referência	42
3.4	Comunicação Cartográfica	43

3.4.1	Conceito e Ciclos de Comunicação	43
3.5	Cartografia Digital	46
3.5.1	Mapas como Modelo de Dados	48
3.5.2	Bases Cartográficas	49
3.6	Informação Geográfica x Comunicação Cartográfica	50
3.7	Transformações Geométricas	51
3.7.1	O Conceito de Escala	51
3.8	Transformações Projetivas – Projeções Cartográficas	52
3.9	Transformações Cognitivas	53
3.9.1	Generalização Cartográfica	54
3.9.2	Simbolização	56
3.9.3	Elementos Gráficos Primários	58
4	GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE	
	INFORMAÇÕES GEOGRÁFICA	60
4.1	Dados, Informação e Sistemas de Informação	60
4.2	Geoprocessamento e Geomática	61
4.3	Definição e Conceito de SIG	62
4.4	Componentes dos SIG	64
4.4.1	Hardware	64
4.4.2	Software	65
4.4.3	Base de Dados	66
4.4.4	Ambiente Operacional	67
4.5	Características e Tipos de Dados Geográficos	68
4.6	Dados e Informações Gráficas	69
4.7	Dados Não Gráficos	73
4.8	Dados Temporais	73
4.9	Estruturas de Representação de Dados Geográficos	75
4.9.1	Estrutura em Camadas de Informações	78
4.10	Topologia	79
4.11	Objetivos, Consultas e Tipos de Problemas Geográficos	81
4.12	Análise Espacial	83

5	CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA	88
5.1	Conceitos Relacionados	88
5.1.1	Cartografia Ambiental	89
5.1.2	Cartografia Dinâmica	91
5.1.3	Cartografia Geoecológica	93
5.2	Aplicações da Cartografia Geoecológica	96
5.2.1	Cartografia da Paisagem	96
5.2.2	Mapas de Avaliação	102
5.3	Escala em Geoecologia	106
5.3.1	Percepções de Escala	107
5.3.2	Definições de Escala	110
5.3.3	Impactos da Escala	112
6	MODELOS E MODELAGEM MATEMÁTICA	115
6.1	Classificação dos Modelos Matemáticos	116
6.2	Modelo Digital da Paisagem e Modelo Digital Cartográfico	118
6.3	Informações Ambientais e Modelagem Matemática Ambiental	121
6.4	Conceito de Erro	123
6.5	Análise de Observações e Resultados	124
6.6	Propagação de Erros	125
6.7	Lei Genérica da Propagação das Variâncias	127
6.8	Aplicação da Lei da Propagação das Variâncias em Modelos Geoecológicos	128
6.9	Conceito de Peso de Observações ou Variáveis	130
7	MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESULTADOS EM SIG	133
7.1	SIG e Modelagem da Paisagem	133
7.2	Modelos de Análise	135
7.3	Uma Nova Ferramenta de Apoio à Análise de Resultados	138
7.4	O Modelo Funcional Aplicado – Metodologia de Trabalho	139
7.5	Correlação de Mapas	143
7.6	Avaliação Teórica do Modelo Proposto	145

7.6.1	Metodologia de Aplicação do Modelo Proposto	148
7.6.2	Correlação e Relevância de Variáveis	149
7.6.2.1	Interpretação dos Resultados	151
7.6.3	Correlação e Relevância de Processos	152
7.6.3.1	Interpretação dos Resultados	154
7.7	Avaliação Prática do Modelo Proposto	155
7.7.1	Análises Realizadas	159
7.7.2	Descrição dos Mapas Básicos e Resultados	160
7.7.3	Programas de Apoio	165
7.7.3.1	Programa de Varredura	165
7.7.3.2	Programa de Cálculo	165
7.8	Metodologia da Aplicação Prática	166
7.8.1	Transformação, Preparação e Tratamento dos Mapas	167
7.8.2	Definição das Matrizes de Apoio ao Cálculo	168
7.8.3	Definição das Matrizes de Influência	170
7.8.4	Execução do Programa de Cálculo	173
7.9	Análise dos resultados	174
7.9.1	Análise dos Resultados da Fase 1	174
7.9.1.1	Correlação de Variáveis	174
7.9.1.2	Correlação e Relevância dos Mapas	180
7.9.2	Análise dos Resultados da Fase 2	183
7.9.2.1	Correlação de Variáveis	183
7.9.2.2	Correlação e Relevância dos Processos	185
8	CONCLUSÕES	186
8.1	Considerações Iniciais	186
8.2	Considerações sobre o Modelo Proposto	187
8.3	Recomendações e Sugestões para Trabalhos Futuros	196
8.3.1	Recomendações	197
8.3.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	197

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

198

ANEXOS

209

1 INTRODUÇÃO

1.1 POSICIONAMENTO DO TRABALHO

A evolução tecnológica que o Mundo atravessa nas duas últimas décadas, tem afetado profundamente diversas áreas do conhecimento humano, alterando, adaptando e melhorando abordagens conceituais e práticas, bem como possibilitando a abertura de horizontes inteiramente novos. Afirmar isto pode ser, até certo modo, considerado redundante e mesmo óbvio, uma vez que vive-se diariamente estas transformações. Porém é importante ressaltar, que uma das bases que este trabalho se apoiou, são precisamente as transformações tecnológicas oriundas deste desenvolvimento.

As ciências que manipulam a informação têm se beneficiado desta evolução em todos os sentidos, através do tratamento computacional, incorporando novos conceitos e aperfeiçoamentos na manipulação, análise e conseqüente geração de novas informações. Ambientes digitais especialmente desenvolvidos para a manipulação da informação não digital, analógica, introduziram novas perspectivas e novas formas de trabalhar a informação, sob óticas antes impossíveis de serem realizadas.

A informação gráfica, antes trabalhada exclusivamente por desenho em pranchetas, pode ser popularizada, abrindo o seu manuseio por um público usuário irrestrito e muitas vezes leigo no assunto. Da mesma forma, o desenvolvimento dos sistemas de gerenciamento da informação, voltados à banco de dados (SGBD – sistemas de gerenciamento de banco de dados), permitiu que grandes quantidades de informação fossem reunidas, tratadas e analisadas de formas mais eficientes.

Uma das ciências que vem a se beneficiar deste novo contexto é a Cartografia, aproveitando-o para adaptar seus conceitos às novas tecnologias surgidas. Coloca-se ela no meio desta revolução tecnológica, causada pelo uso massivo da computação, tanto para a manipulação da informação gráfica como da não gráfica, através do que será referenciado como **Cartografia Digital** (CROMLEY, 1992), que não apenas tem influenciado o campo técnico da Cartografia, mas principalmente afetou e ainda está afetando as relações entre o mapeamento e a Sociedade em geral (ROBINSON, 1995).

A capacidade de criar mapas por parte dos usuários da cartografia era limitada, dentro da denominada tecnologia analógica. Poucos tinham acesso, por ser cara e restrita à especialistas, o que não ocorrerá com a tecnologia digital. Sistemas de mapeamento digitais ou computacionais estão disponíveis desde o nível especialista, até o aplicativo, permitindo a popularização do “fazer mapas”, inclusive por parte de pessoal não especialista em Cartografia. Também é verdade que existem ônus causados por esta popularização.

Um outro fato que deve ser ainda considerado, é a crescente demanda existente por produtos cartográficos, principalmente digitais. O Mundo inteiro está acordado para estudos de Geografia e Ambientais, ou seja conservação da biodiversidade, desenvolvimento sustentável, impactos de ações antrópicas sobre o Ambiente, necessitando cada vez mais de produtos e informações cartográficas atualizadas e confiáveis, tanto para a representação de suas informações, como para comporem bases de dados de sistemas de informação.

A par desta transformação, começa-se a criar uma visão da Cartografia um pouco diferente da visão antiga, ou seja, de apenas apresentar a informação através de mapas em papel. Ela começa a fazer parte de um campo da Ciência da Informação (PETERSON, 1995), que trata da transformação da informação geográfica em informação cartográfica, visando desde a sua elaboração mental, até a sua concepção final, seja ela tangível ou não (DENT, 1999).

Por outro lado, praticamente no mesmo período desta revolução tecnológica cartográfica, o Geoprocessamento é afetado de forma semelhante e devido praticamente às mesmas razões. Sua principal ferramenta de manipulação, tratamento e análise da informação geográfica, os denominados Sistemas de Informações Geográficas – SIG, desenvolvida a partir de meados dos anos 70, é um resultado de todo este processo, devido à evolução dos sistemas de gerenciamento de bancos de dados, associados à computação gráfica e da informação geográfica. Por sua vez estes sistemas incorporam os conceitos das transformações das informações geográficas para as cartográficas,

tanto na parte de aquisição como para a visualização e representação de suas informações, oriundas do desenvolvimento da Cartografia Digital.

A análise espacial é estabelecida e reconhecida como a ferramenta adicional ao SIG, diferenciando-o de um sistema puramente cartográfico para um sistema geográfico. Através desta ferramenta é lhe dada capacidade de analisar as informações contidas em sua base de dados, conferindo-lhe a prerrogativa de gerar novas informações, que passam a ser adicionadas ao sistema.

Entretanto, talvez hoje em dia, uma das maiores preocupações da humanidade esteja relacionada com a preservação do seu Ambiente. Após séculos de devastações e degradações, volta-se o homem à procura de estabelecer estudos, de forma a preservar a biodiversidade, desde o seu menor geocossistema, até o maior, a própria Terra, visto o horizonte que pode se apresentar em um futuro não muito longínquo. As preocupações com os impactos causados pelas mais diversas ações antrópicas, suas alterações no Ambiente nas diversas escalas de observação, estão presentes em todas as áreas que tem qualquer relação com o espaço geográfico.

Cria-se, por sua vez, a necessidade de uma análise do Ambiente de uma forma conjunta, sistêmica e integrada, sem a qual não se pode perceber as interações existentes na paisagem. A Geoecologia, através dos seus três elementos básicos: estrutura da paisagem, funcionalidade e alterações, vem a estabelecer a base de um novo campo, através de uma visão sistêmica, geográfica, das ações antrópicas sobre o Ambiente.

Por outro lado, a Geo-Hidroecologia (COELHO NETTO, 1992), apresenta-se, na concepção de sua criadora, como uma área de estudo, baseada nos conceitos geoecológicos, englobando a biodiversidade, aspectos culturais, o homem e a geomorfologia, como fundo para o recorte espacial de análise de um indicador de qualidade ambiental, a água, para fornecer os índices de degradação do ambiente, em seus elementos geobiofísicos.

Da junção dessas três áreas do conhecimento surge a base para o desenvolvimento deste trabalho. A Geoecologia, analisando a paisagem através da integração de dois sub-sistemas, o geobiofísico e o sócio-econômico; a Cartografia como ciência de representação e apresentação da informação geocológica e o Geoprocessamento, através dos SIG, como a ferramenta de apoio para a manipulação e análise da informação geográfica. A figura 1.1 mostra esquematicamente o relacionamento entre essas três áreas afins.

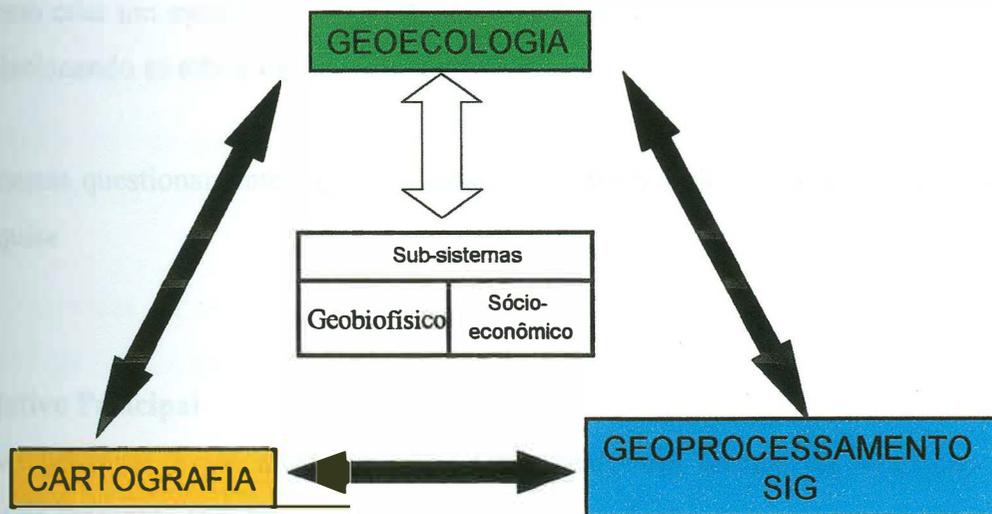


Figura 1.1 Relacionamento entre Geoecologia, Cartografia e Geoprocessamento

1.2 HIPÓTESE DA PESQUISA

Dentro do contexto apresentado, a análise da informação geográfica tem no SIG a sua principal ferramenta de análise. Por sua vez, o SIG é um suporte para a modelagem da paisagem, uma vez que sua base de dados recebe as informações selecionadas do geocossistema que será submetido aos processos analíticos diversos, sob óticas também diversificadas. No caso deste trabalho a visão que envolveu a parte prática, foi estabelecida pela Geo-hidroecóloga. Os resultados dos processos analíticos são apresentados como representações cartográficas, mapas, bem como os componentes de cada processo.

Neste aspecto, diversos questionamentos se fazem sentir, para o estabelecimento da integração e relacionamento entre as três áreas objeto do trabalho, a Geoecologia, a Cartografia e SIG, passando a ser levantados, em função de definições, avaliações e discussões que as envolve, tais como:

- como integrar e quais os resultados da integração das três áreas?
- quais os problemas surgidos neste processo de integração?
- que elementos de cada área serão definidos, para permitir um trabalho integrado, inter e multi-disciplinar?
- como criar um modelo de avaliação de resultados de processos analíticos, inter-relacionando as três áreas?

Baseado nestes questionamentos apresentados, foram formulados os objetivos a atingir nesta pesquisa.

1.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal a ser alcançado foi estabelecido em termos da avaliação de resultados de processos analíticos em SIG, assim formulado:

Desenvolvimento, apresentação e validação de um modelo de avaliação de relevância e correlação entre as variáveis de um processo analítico-integrativo, bem como entre as respostas geradas por diferentes processos analíticos, oriundos de uma mesma base de dados de um SIG.

1.2.2 Objetivos Secundários

Por outro lado foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:

- **Avaliar a funcionalidade do modelo sobre produtos e respostas geradas em um SIG, sob a ótica Geo-hidroecológica.**
- **Verificar o comportamento entre os diversos processos analíticos, em área teste.**

- **Verificar o comportamento entre processos analíticos idênticos ou semelhantes em diferentes espaços geográficos.**
- **Conceituar a área temática da Cartografia Ambiental e Geoecológica.**
- **Interrelacionar os conceitos de Cartografia, Geoecologia e Geoprocessamento.**

1.3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Para atingir estes objetivos propostos, o trabalho foi estruturado em capítulos temáticos, cujo conteúdo em linhas gerais é apresentado a seguir.

O capítulo 2 apresenta os conceitos de Geoecologia, as definições de paisagem, a abordagem sistêmica e hierárquica da Geoecologia face ao Ambiente, bem como as bases da Geo-hidroecologia.

O capítulo 3 trata dos conceitos de Cartografia. Apresenta as classificações, conceitos de mapas, estrutura da comunicação cartográfica e os princípios que regem as transformações da informação geográfica em cartográfica.

O capítulo 4 apresenta o Geoprocessamento, seus conceitos e os Sistemas de Informações Geográficas. Apresenta seus componentes, modelos de dados e os conceitos de análise espacial.

O capítulo 5 estabelece um estudo sobre as definições e conceitos relativos à Cartografia Ambiental e Geoecológica, bem como apresenta um estudo abrangente sobre o problema de escalas em Geoecologia.

O capítulo 6 mostra o embasamento do modelo de avaliação que será proposto. Apresenta os fundamentos de erros em Cartografia, modelos multidimensionais e

multivariados, aplicados e a lei genérica de propagação de variâncias e pesos, aplicadas à estes modelos.

O capítulo 7 apresenta o modelo de avaliação proposto, sua estrutura e relacionamento com a base de apoio apresentada no capítulo anterior. São mostradas a metodologia de aplicação do modelo, tanto em termos de uma avaliação teórica, como também em uma avaliação prática, aproveitando-se os resultados apresentados no PROJETO DE ESTUDOS DE QUALIDADE AMBIENTAL DO GEOECOSSISTEMA DO MACIÇO DA TIJUCA (GEOHECO, 2000). São avaliadas tanto a aplicação teórica como a prática.

O capítulo 8 apresenta as conclusões geradas pelo trabalho.

Os anexos apresentam os elementos de apoio à pesquisa, tais como mapas, programas e resultados alcançados.

2 GEOECOLOGIA

2.1 ESFERAS TERRESTRES

2.1.1 Geoesferas

Os filósofos gregos identificavam os principais elementos da Terra, como o ar, a água, a terra e o fogo, sem dar um nome específico a cada um deles. Ligados à cada um desses elementos primários, estão os conceitos da esfera gasosa ou atmosfera; a esfera aquática ou hidrosfera; a esfera sólida ou litosfera. O quarto elemento, o fogo, não tem uma esfera atribuída, pois era caracterizado por uma região onde havia apenas sua propensão a irromper, devido à existência de fatores iniciadores e alimentadores (comburentes e combustíveis).

O termo esfera começou a ser difundido a partir de meados do século XIX, quando existia apenas a designação da atmosfera, para sufixar alguns componentes da Terra e de seu ambiente, tais como a hidrosfera, litosfera e biosfera (SUESS, 1875). Criou-se a partir de então, uma mentalidade voltada à designar qualquer parte da Terra e do seu ambiente com este sufixo. Assim surgem os termos cosmosfera, ecosfera, pedosfera, barisfera, batisfera, entre muitos outros criados.

A cosmosfera determina o domínio de todas as forças e elementos não vivos, incluindo a Terra, a qual associa-se ao resto do Cosmos como um receptor de energia gerada por outros corpos celestes, um componente do campo gravitacional do Sistema Solar, da Galáxia e do próprio Universo, bem como um alvo potencial de corpos espaciais móveis.

Por sua vez a Terra possui diversas esferas associadas à si própria, denominadas geoesferas (BATES & JACKSON, 1980), possuindo três significados associados: i) a própria litosfera; ii) uma combinação da hidrosfera, atmosfera e litosfera; e iii) ou qualquer uma das esferas terrestres, dificultando o entendimento, se não for especificado o significado exato do que se esteja referenciando. Uma definição bastante recente, estabelece a geosfera como a totalidade dos sistemas geofísicos, (FRIEDMAN, 1985). Um conceito mais abrangente e específico, traduz a geosfera como sendo

determinada por todas as camadas abióticas acima e abaixo da superfície terrestre (HUGGETT, 1995).

A litosfera representa a parte sólida da Terra, porém é também citada como a casca sólida da Terra, ou seja, onde as rochas estão expostas na superfície (RASTALL, 1941). A atmosfera é a envolvente em estado gasoso do planeta, dividida em várias outras esferas, cada uma representando propriedades ou características específicas de temperatura, pressão e composição de gases. A hidrosfera é definida como a totalidade das massas aquáticas da Terra, incluindo-se as massas em estado líquido, vapor, gelo e neve (HUGGETT, 1995). A toposfera situa-se na interface entre a pedosfera, a hidrosfera e a atmosfera, confundindo-se com o relevo topográfico terrestre.

2.1.2 Biosfera, Ecosfera e Pedosfera

A Terra é considerada por si só uma biosfera, ou seja, o local onde existe vida, até o momento, o único, comprovadamente, em todo o Universo. A vida é dependente do ambiente para que possa sobreviver e este ambiente é definido pelos recursos minerais existentes na geosfera. O ambiente é influenciado por fatores locais, regionais, globais e até mesmo espaciais ou internos à superfície terrestre circundantes, tendo a vida que adaptar-se ao ambiente. Criam-se então elementos que se interagem, que vão permitir a existência do ambiente. A vida na Terra cria e conserva, uma ecosfera, ou seja, uma área adaptada para os diferentes tipos de formas de vida (HUGGETT, 1995).

Diferentes significados podem, no entanto, ser atribuídos a estes termos, por exemplo, a biosfera pode significar a totalidade dos seres vivos sobre a Terra, o espaço ocupado pelos seres vivos ou mesmo a vida e o suporte necessário à vida (atmosfera, hidrosfera, litosfera e pedosfera), conceitos esses compartilhados por diversos autores (GOLLEY, 1978; BOTKIN, 1990; de BLIJ & MÜLLER, 1993). Dessa forma seria necessário um significado exclusivo para descrever a vida e o ambiente físico que a suporta, caso a biosfera fosse considerada apenas como o primeiro conceito. Procurando então combinar o conceito de ecossistema, estabelecido como a comunidade autosustentada

de organismos junto com o ambiente físico (TANSLEY, 1935), foi criado o termo *ecosfera*, procurando juntar os conceitos de *biosfera* e *ecossistema* (COLE, 1958).

A *pedosfera* pode ser conceituada como a parte da Terra onde ocorrem os processos de formação de solos, ou a *pedogênese* (BATES & JACKSON, 1980).

Mais do que estabelecer conceitos que identifiquem ou limitem os componentes ambientais, o interesse na atualidade é direcionado para as interações ou inter-relacionamentos entre as esferas conceituadas. A figura 2.1 mostra uma representação dessa interação entre algumas esferas, segundo MATTSON (1938), através de um diagrama de Venn, onde é possível visualizar suas intercessões, como as interações entre as diversas esferas envolvidas. A porção sombreada determina a *ecosfera*, termo até então desconhecido para Mattson. A *pedosfera* segundo esse esquema é determinada pela intercessões da *biosfera*, *atmosfera*, *hidrosfera* e *litosfera*

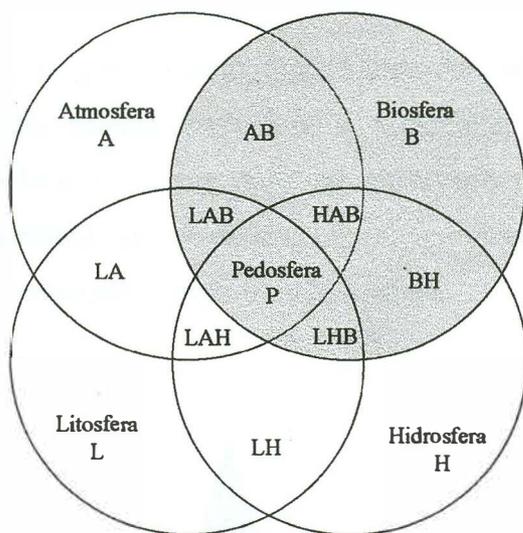


Figura 2.1 – Interações das esferas terrestres – Após MATTSON, (1938)

Por outro lado, a figura 2.2 permite visualizar esquematicamente os inter-relacionamentos, entre diversas outras esferas, bem como algumas influências externas que podem ser envolvidas.

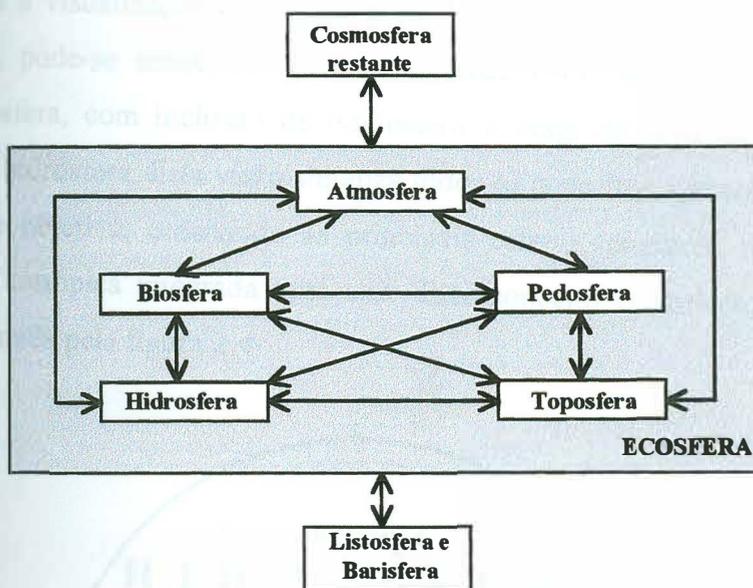


Figura 2.2 – Interações e influências externas entre as esferas terrestres - Adaptação de (HUGGET, 1995)

COELHO NETTO (2000), no entanto, sugere uma simplificação da abordagem para uma visão entre cinco esferas essenciais: a atmosfera; a litosfera, a biosfera, a homosfera e a hidrosfera, conforme pode ser observado na figura 2.3. Dentro deste contexto situa-se o homem na homosfera, bem como suas interações com as demais esferas, estando todos integrados através da hidrosfera.

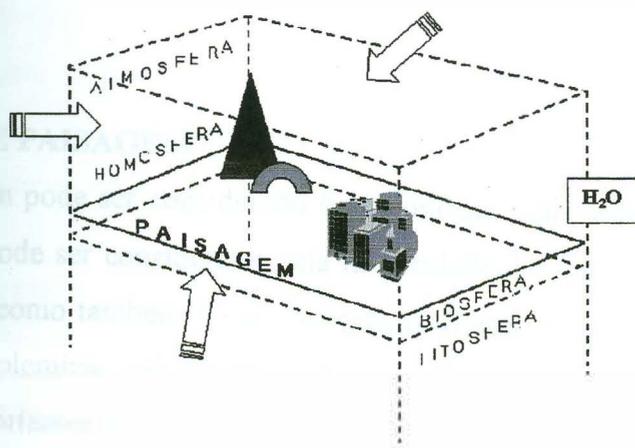


Figura 2.3 Visão segundo COELHO NETTO (2000)

Aproveitando-se a visualização do diagrama de MATTSON e da visão de COELHO NETTO (2000), pode-se simplificar para a interação entre as três esferas: litosfera, biosfera e atmosfera, com inclusão da homosfera interagindo com todas as demais, englobadas pela hidrosfera. Esta visão sintetiza todos os conceitos apresentados, de uma forma simples e objetiva, ordenando as principais esferas terrestres, mas também a própria atuação antrópica integrada com elas. Este conceito estabelece a visão deste trabalho, apresentada pela figura 2.4.



Figura 2.4 - Diagrama das Esferas Terrestres adotado pelo trabalho

2.2 O CONCEITO DE PAISAGEM

O conceito de paisagem pode ser considerado como um dos mais polêmicos dentro da Geografia. Isto tanto pode ser considerado pela diversidade de conceitos emitidos por renomados geógrafos, como também pelas abordagens diferenciadas existentes. Não é objeto deste trabalho polemizar sobre este assunto. Serão aqui discutidos conceitos de paisagem julgados importantes para os objetivos propostos pelo trabalho, sendo ao final desta apresentação, estabelecido o conceito adotado pelo trabalho.

A paisagem pode ter atribuído a si diversos significados, como por exemplo, um cenário natural, uma pintura ou imagem desse mesmo cenário, vista ou percebida pelos sentidos humanos. SANTOS (1991), em sua concepção, a define como sendo tudo o que a visão humana alcança, ou seja o que for percebido dentro do domínio do visível. Além dos aspectos geométricos tridimensionais, determinados pelo sentido descrito, ela também é formada de cores e movimento, também percebidos pela visão, assim como odores e sons. Logo, em sua visão, é caracterizada pela própria dimensão da percepção dos sentidos humanos.

Segundo FORMAN & GODRON (1986) é a paisagem conceituada como uma área heterogênea, composta por grupos de ecossistemas que interagem de forma semelhante no seu todo.

Sob uma visão ecológica, a paisagem pode ser vista como a superfície terrestre e seus *habitats* associados vistos em escalas médias (DELCOURT & DELCOURT, 1988). TURNER & GARDNER (1991) a conceituam como uma área heterogênea ou um mosaico ambiental.

Pode também ser concebida como uma esfera, dentro da qual as demais esferas interagem (VINK, 1983), criando-se assim o conceito de geocosfera (ou esfera da paisagem), caracterizada como o produto dinâmico da interação de sistemas ecosféricos. Dessa forma a paisagem é vista como um sistema geocológico, definido como qualquer unidade de paisagem, na qual a ecosfera, juntamente com os processos bio-físicos formadores, podem se vistos como um todo unitário (HUGGETT, 1995).

A definição de FORMAN & GODRON (1986) estabelece que a paisagem é uma área heterogênea composta por conjuntos (*cluster*) de ecossistemas que interagem, repetitivamente de forma similar. Pode-se observar que uma parte substancial da definição de geocologia, vai constar integralmente da própria definição de paisagem elaborada por estes autores.

Ainda segundo FORMAN & GODRON (1986), o desenvolvimento da paisagem resulta de três aspectos operacionais dentro dos limites da paisagem:

- processos geomorfológicos específicos em um longo período de tempo;
- padrões de organização de organismos;
- perturbações locais de unidades de ecossistemas, em um período curto de tempo.

FORMAN & GODRON, 1986

Dessa maneira, pode-se ver a paisagem como uma unidade possível de ser medida e definida segundo suas características de repetitividade de conjuntos de ecossistemas e suas interações, a geomorfologia e elementos perturbadores (FORMAN & GODRON, 1986).

De uma maneira geral, a geocologia aborda três elementos característicos da paisagem (FORMAN & GODRON, 1986):

- **Estrutura**, definida pelas relações espaciais entre os ecossistemas distintos presentes na paisagem. Corresponde à distribuição de energia, composição e espécies, em relação ao seu tamanho, forma, quantificações de seus componentes e configurações dos ecossistemas.
- **Função**, que estabelece as interações entre os elementos espaciais. Isto é caracterizado pelos fluxos de energia, componentes e espécies entre os ecossistemas componentes da paisagem.
- **Alterações**, definidas pelas mudanças sofridas na estrutura e funções da paisagem, abordadas pelo aspecto ecológico, em uma escala de tempo pré-determinado.

FORMAN & GODRON, 1986

Pode-se observar que essas características de estudo apresentadas, não são inerentes nem exclusivas para a aplicação na paisagem. De uma maneira genérica, isto pode ser aplicado à quaisquer sistemas que possuam interações ou inter-relacionamentos entre seus elementos integrantes. O uso destes princípios permitirá o entendimento do sistema como um todo, bem como dos problemas que possam ser à eles associados, criando-se então, as condições para a solução desses problemas.

FORMAN & GODRON, 1986

Por outro lado, alguns autores limitam a paisagem em espaço. FORMAN & GODRON (1986) a limitam em 200 km de extensão, enquanto DRAMSTAD (1996), a apresenta

como um mosaico de extensão quilométrica, à nível local. No entanto, pode-se afirmar que a paisagem, em princípio é ilimitada, fechando-se em si mesma, após percorrer a superfície terrestre em todas as direções. No entanto ela pode ser dividida em limites físicos, segundo elementos da própria paisagem, como por exemplo a divisão pelos recortes de bacias hidrográficas em suas diversas ordens de articulação hierárquica (COELHO NETTO, 2000)

Segundo COELHO NETTO (2000), a paisagem é um conjunto de objetos ou elementos geobiofísicos e sócio-culturais que compõem os sistemas ambientais, materializando o espaço-ambiente tri-dimensional ao nível da superfície terrestre; a estruturação desses elementos governa as relações funcionais que regulam as mudanças ambientais no decorrer do tempo e, por conseguinte, da paisagem. Tais mudanças podem ser induzidas tanto por forças da natureza (geotectônicas, climáticas, gravitacionais ou mecanismos retro-alimentadores dos sistemas ambientais) , como também por forças humanas (de natureza social, econômica, cultural e política). A percepção humana da paisagem é variável, sendo fortemente influenciada pela carga cultural de cada indivíduo.

Juntando-se os conceitos de FORMAN & GODRON (1986) ao de COELHO NETTO (2000), no entorno do domínio perceptivo e ao de NAVEH & LIEBERMAN (1993), no domínio dos relacionamentos, pode-se estabelecer a visão da paisagem que norteará este trabalho: **“uma área heterogênea, limitada, composta de grupos de ecossistemas que interagem e relacionam-se entre si, juntamente com as ações antrópicas, dentro da capacidade e dimensão da percepção humana”**.

2.2.1 Geoecossistemas

A geocologia moderna procura explorar e explicar as causas e efeitos de padrões *espaciais em ecossistemas*, considerando quatro aspectos básicos dos sistemas da paisagem ou geoecossistemas (TURNER & GARDNER, 1989):

- investigação da evolução e dinâmica da heterogeneidade espacial da paisagem, ou seja, como se criam e quais são as transformações associadas;

- definição das interações entre e alterações através de paisagens heterogêneas, caracterizado como os elementos componentes e organismos que se movem de um para outro;
- definição da influência que a heterogeneidade espacial do mosaico da paisagem exerce sobre os processos bióticos e abióticos;
- consideração do próprio gerenciamento da heterogeneidade espacial da paisagem.

Visto dessa forma, com respeito às interações entre sistemas heterogêneos, os geocossistemas são estendidos para englobar animais e plantas, ressaltando as interações entre os componentes bióticos e abióticos da paisagem. Assim, pode-se concluir, que um conjunto de ecossistemas, formando um sistema da paisagem possui o mesmo conceito de geocossistema.

A visão da paisagem como uma entidade holística a supõe formada de diferentes elementos, cada um influenciando os demais. Estes elementos por sua vez estão caracterizados em unidades espaciais determinadas. Uma proposta de distribuição da paisagem em unidades, foi desenvolvida por ZONNEVELD (1972) e aplicada com bastante frequência nos estudos de geocologia. A proposta de segmentação estabelece alguns níveis hierárquicos, de tamanho crescente. São eles:

- **Ecotopo ou sítio**, definido como a menor unidade holística de terreno. É caracterizada por uma homogeneidade de pelo menos um elemento da geosfera, sem uma variação excessiva nos demais atributos;
- **Facies terrestres** (microcore), definida como uma combinação de ecotopos, formando um padrão de relacionamentos espaciais, fortemente relacionada às propriedades de pelo menos um atributo terrestre;
- **Sistema terrestre** (mesocore), caracterizado como uma combinação de facies, formando uma unidade de mapeamento em uma escala específica de visualização;
- **Paisagem principal** (macrocore), definida como uma combinação de sistemas em uma área geográfica.

De uma maneira geral, desde que devidamente definidos, os termos empregados para designar os componentes da paisagem são satisfatórios para o entendimento e acompanhamento de qualquer investigação geocológica. FORMAN & GODRON (1986), por exemplo, simplesmente preferem se referir ao elemento ecológico básico ou unidade sobre a superfície terrestre, relativamente homogêneo, como elementos da paisagem. Por outro lado a menor unidade homogênea visível, na escala espacial de uma paisagem é definida como *tessera*. Uma unidade de paisagem pode conter numerosas *tesserae*, como seus elementos componentes.

Isto é na realidade uma tentativa de sistematizar a divisão da paisagem em níveis de observação. Conforme a abordagem, existem diversas outras classificações e divisões que podem ser aplicadas à paisagem. Este mesmo trabalho abordará a divisão da paisagem de uma forma diferente dessa apresentada, segundo outros enfoques.

Por exemplo a apreensão da paisagem é função da cultura, que vai nortear a sua percepção de acordo com a visão própria à que o indivíduo está relacionado. Desta forma passa a paisagem a ser um produto cultural (SAUER, 1963), estando portanto dependente de forças econômicas, políticas, sociais, entre outras.

2.3 CONCEITO DE GEOECOLOGIA

Geocologia (*Landschaftökologie*), segundo a escola alemã, ou ecologia da paisagem (*landscape ecology*), segundo a escola americana, consiste de uma ciência relativamente nova, focalizando uma interface entre a geografia e a ecologia, através de uma estrutura multi e inter-disciplinar. Resulta de uma abordagem holística por todas as áreas das ciências envolvidas, para estabelecer e definir os relacionamentos entre os diversos meios que integram os sistemas da paisagem. Sua importância está diretamente relacionada à capacidade de apoio à gestão ambiental e planejamento territorial (COELHO NETTO, 1996)

O termo geocologia foi utilizado pela primeira vez por TROLL (1939), no seu trabalho de fotointerpretação de paisagens de savanas da África Ocidental. Procurava estabelecer

uma colaboração mais estreita entre geógrafos e ecologistas, visando através de uma pesquisa unificada, criar uma ciência, que integrasse litosfera e biosfera. Na prática combinou a abordagem horizontal do geógrafo, comum na época, no exame dos relacionamentos espaciais dos fenômenos naturais, com uma abordagem verticalizada dos ecologistas, no estudo dos inter-relacionamentos funcionais de um sítio pré-definido.

Os termos ecologia da paisagem e geoecologia foram nesse trabalho, apresentados como sinônimos, envolvendo abordagens tanto das ciências biológicas como das relações ambientais. Segundo esse enfoque, a pesquisa geoecológica vai procurar estabelecer os relacionamentos qualitativos e quantitativos, entre os elementos da biosfera e litosfera (TROLL, 1939). Ainda TROLL (*Op. cit.*), aprimora a sua definição, como o estudo dos relacionamentos físico-biológicos, que governam as diferentes unidades espaciais de uma área geográfica (TROLL, 1950)

A tabela 2.1 apresenta uma série de definições da Geoecologia, na qual os autores estão colocados segundo a sua formação. Isto permite de certa forma, diferenciar a visão dos Geógrafos e dos Biólogos como a Geoecologia é abordada. Pode-se notar que os conceitos apresentados por Geógrafos priorizam as relações de espaço e as relações sócio-bio-físicas, enquanto as estabelecidas por Biólogos procuram relacionar elementos ecológicos.

No entanto, pode-se observar que a partir da década de 80, inicia-se um resgate dos conceitos de TROLL (1939), operacionalizando a leitura da paisagem em termos biológicos e em termos de biodiversidade, estabelecendo-se uma predileção para o referenciamento à Geoecologia como Ecologia da Paisagem. Por sua vez, a abordagem geográfica estabelecida pelos Geógrafos, passa a privilegiar o termo Geoecologia, buscando outros indicadores, diferentemente da fauna e flora, os humanos, para a verificação da condição da biodiversidade.

Tabela 2.1 Conceitos e definições de Geoecologia

Autor	Ano	Formação	Conceito
TROLL	1939	Geógrafo	Estudo dos relacionamentos físico-biológicos, que governam as diferentes unidades espaciais de uma área geográfica
ZONNEVELD	(1972)	Geógrafo	Estabelece que a ecologia da paisagem é a subdivisão crucial da ciência de estudo da paisagem, a geografia, abordando-a como uma entidade holística, composta de diferentes elementos, cada um influenciando os demais
KLINK	1974	Geógrafo	Estudo das massas naturais, quantidades de energia e suas variações, de uma paisagem, qualitativa e quantitativamente, determinadas através de ciclos ecológicos
RISSER et al	1984	Biólogo	Desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial. Considera dessa forma, as interações espaciais e temporais, as alterações nas paisagens heterogêneas e as influências dessa heterogeneidade sobre os processos bióticos e abióticos, bem como o próprio gerenciamento da heterogeneidade espacial
FORMAN & GODRON	1986	Biólogos	Ciência que estuda a estrutura, funções e alterações em uma área heterogênea, composta por ecossistemas que interagem entre si
NAVEH & LIEBERMAN	1993	Biólogos	Ramificação da moderna ecologia, que trata dos relacionamentos entre o homem e paisagens, sejam elas urbanas ou não urbanas.

Por sua vez, COELHO NETO & CASTRO JR. (1997), apresentam a Geoecologia como uma disciplina geográfica na interface com a Ecologia, caracterizando-a como uma disciplina operacional de análise do espaço-ambiente, especialmente ao nível da paisagem, suas mudanças no tempo e resultantes geo-hidroecológicas.

A análise destes conceitos permite estabelecer que os seus elementos comuns são as relações e inter-relacionamentos existentes em ou entre domínios de paisagens, suas

qualificações e quantificações, incluindo as causas e efeitos das ações antrópicas, dentro de um espaço geográfico limitado e em ciclos ecológicos e temporais determinados.

A abordagem espacial é determinada pela estrutura da paisagem e da escala de observação associada. A abordagem ecológica é estabelecida pelos ciclos que envolvem os diversos ecossistemas presentes na paisagem. Os relacionamentos dentro de um mesmo espaço geográfico e os inter-relacionamentos entre espaços distintos, estabelecem a estrutura funcional para a área em observação. Assim, uma alteração no espaço geoecológico é o resultado de ações físicas ou sociais sobre esse mesmo espaço, podendo modifica-lo de forma substancial e ser propagado à espaços vizinhos, que possuam algum grau de relacionamento. A própria vizinhança pode ser assumida como um relacionamento entre duas unidades espaciais, determinando áreas de influência explícitas.

Também é evidente a importância do conceito de paisagem para a geociologia, pois através de seus elementos componentes, com seus relacionamentos e funções, desenvolver-se-ão todos os processos que estabelecerão as alterações espaciais, temporais e funcionais. Cabe portanto, um aprofundamento sobre os conceitos que levarão à definição de paisagem.

A extensão da geociologia às ações antrópicas, interações e relacionamentos sociais, cria uma grande complexidade no que se refere as interações com o meio físico e biológico, pelas próprias características comportamentais destes fenômenos, de modelagem difícil, face aos demais, associadas a elementos por vezes imprevisíveis na sua atuação sobre o ambiente.

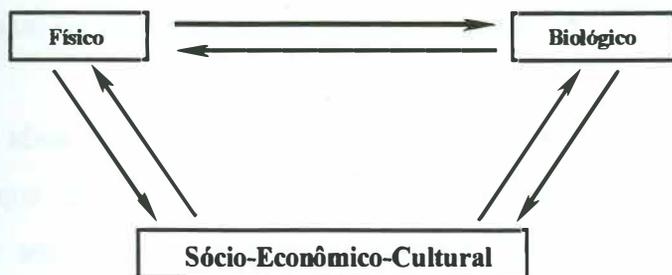


Figura 2.5 - Interações consideradas pela Geociologia

A figura 2.5 mostra de forma simplificada os relacionamentos entre os elementos da geoecologia. Todos são igualmente considerados, devendo-se estabelecer a forma de atuação, bem como o peso que cada um deles exercerá sobre o ambiente, fatores importantes para a análise e a determinação de soluções dos problemas e fenômenos geoecológicos

2.4 ABORDAGEM HOLÍSTICA e SISTÊMICA da GEOECOLOGIA

2.4.1 Teoria Holística ou Holismo

Holismo ou teoria holística, pode ser conceituada como a doutrina cujo objeto de estudo, podendo ser a linguagem, a sociedade ou qualquer outro, seja de natureza física ou humana, necessita ser entendido como um todo, não sendo suficiente entender os seus componentes tomados separadamente.

A ENCICLOPÉDIA BRITÂNICA (1999) define holismo como *“a teoria que o universo e especialmente a natureza viva é mais corretamente entendida em termos de todos interativos (como organismos vivos), do que uma mera soma de partículas elementares”*.

Como um exemplo simples de uma visão holística, pode-se comparar uma observação obtida por um equipamento de medição, com a interpretação humana. Um equipamento de medição é projetado para obter uma propriedade mensurável, em uma situação ou em situações pré-definidas. A interpretação humana no entanto, no mínimo a mais conscienciosa, é realizada através da consideração do contexto inteiro do objeto de interpretação. Neste ponto de vista, a sociedade humana, os fenômenos naturais, sejam físicos ou biológicos, não são constituídos de partes analiticamente separadas, onde as propriedades possam ser confiavelmente medidas isoladamente.

O holismo é uma idéia ou conceito filosófico diametralmente oposto ao atomismo. Este último acredita que um todo pode ser quebrado ou analisado segundo suas partes separadamente e seus relacionamentos. O conceito holístico concebe o todo como primário e freqüentemente maior que a soma de suas partes componentes. O atomista

divide as coisas para conhecê-las melhor, enquanto que o holista as observa como sistemas agregados, argumentando que assim pode conhecer mais sobre elas, vistas sob esse enfoque, conseqüentemente entender melhor a sua natureza e seus propósitos.

Para aproximar a teoria holística à uma estrutura matemática, pode-se traduzir o “todo”, como no mínimo igual à soma de suas partes componentes, ou seja:

$$T \geq (P_1 + P_2 + \dots + P_n) \quad (2.1)$$

Neste aspecto para que essa estrutura matemática seja coerente, é necessário que cada componente P_i , tenha associado um peso unitário. A atribuição de pesos diferenciados já criará um desequilíbrio em torno da soma de seus componentes, fazendo que passe a existir uma maior aproximação com a teoria holística. Por sua vez a atribuição de uma ponderação nunca poderá ser definida pela análise isolada de cada parte do todo, porém integrada e associada relativamente à cada um dos demais elementos correspondentes.

$$T \geq (p_1 P_1 + p_2 P_2 + \dots + p_n P_n) \quad (2.2)$$

Na fórmula mostrada em (2.2), cada p_i é o peso de cada componente do todo.

2.4.2 Abordagem Sistêmica e Hierárquica

Pode-se definir sistema como um conjunto de objetos, entidades ou fenômenos, em um estado pré-determinado, interligados por relacionamentos mais próximos daqueles que os elementos componentes mantêm com seus ambientes. Este conjunto de relacionamentos, entre os elementos e entre seus ambientes, vêm a se constituir a estrutura dos sistemas. (NAVEH & LIEBERMAN, 1993).

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) constitui-se de uma teoria holística, científica e filosófica, caracterizando a natureza através de uma ordenação hierárquica, como sistemas abertos. Estes sistemas possuem uma complexidade crescente e organização própria, com respeito aos sistemas e subsistemas geocológicos envolvidos na paisagem

(NAVEH & LIEBERMAN, 1993). Dessa forma, a geocologia possui uma fundamentação na teoria geral dos sistemas, que apresenta uma base sólida para uma grande maioria de fenômenos da natureza.

Um sistema aberto pode ser definido como aquele que possui inter-relacionamentos entre os seus elementos componentes, podendo ser influenciados por e também influenciar outros sistemas. Existe troca de matéria e energia com o ambiente, onde existe um balanço entre a entrada e saída de matéria e energia. Ele não se fecha em si mesmo; a topologia existente entre os sistemas exercerá influências entre eles. Os sistemas tendem a ficar naturalmente em equilíbrio (CHORLEY & KENNEDY, 1971), porém ações, algumas naturais, tais como catástrofes e outras antrópicas, frequentemente causam distúrbios que desequilibram o sistema.

A abordagem sistêmica da paisagem focaliza a estrutura, a funcionalidade e as alterações que ocorreram, ocorrem ou poderão ocorrer em um domínio de paisagem. Havendo também a visão holística, onde no mínimo existirá a soma de seus componentes para a consideração do todo, estará caracterizada a importância da definição dos relacionamentos entre os elementos componentes desse mesmo todo, no caso, a paisagem. Dessa forma, a geocologia dentro da visão sistêmica procura estabelecer os relacionamentos entre os subsistemas componentes da paisagem, notadamente os subsistemas geo-biofísicos e sócio-econômico-culturais (COELHO NETTO, 1996).

Por outro lado, a estrutura, a função e a dinâmica da paisagem são totalmente dependentes de uma escala de visualização. A escala refere-se tanto à dimensão espacial, como à dimensão temporal de um problema ambiental. Os problemas e estudos geocológicos, sob a abordagem sistêmica, devem permitir a identificação de uma escala que venha a orientar a todo o processo em investigação, desde a definição das variáveis componentes do sistema, mecanismos envolvidos, bem como das resultantes envolvendo outros sistemas topologicamente associados. A problemática do conceito de escalas, associada aos estudos geocológicos é de vital importância, uma vez que definirá a amplitude de observação dos fenômenos, interações e relacionamentos entre

os componentes do sistema, bem como o nível de detalhamento necessário dos elementos que compõem a paisagem. Para tanto será apresentado no Capítulo 6 um item desenvolvido para o estudo de efeitos da escala sobre a informação geocológica. Neste momento apenas deseja-se chamar a atenção para este ponto.

O entendimento das relações entre os subsistemas componentes de um mosaico de paisagem, das interações com os sistemas vizinhos e contíguos, podem servir de apoio para a determinação de padrões de comportamento, que poderão por sua vez ser extrapolados e aplicados em outros mosaicos de estrutura semelhante. Por outro lado, não existe uma uniformidade ambiental, ou seja, nenhum mosaico de paisagem será exatamente igual ao outro, devido às complexidades e não uniformidade espaço-temporal. Logo as soluções, em princípio, serão casuísticas, não podendo indistintamente ser aplicadas em ambientes de estrutura e funções diferenciadas (COELHO NETTO, 1996).

O conceito holístico de que o todo é mais do que a soma de seus componentes (SMUTS, 1971), caracteriza um dos conceitos básicos da visão sistêmica da geocologia. O mais ou maior que o conceito cita, é determinado pelo comportamento de seus componentes, ou seja, as correlações, interdependência e harmonia (NIR, 1990). O conceito de organização hierárquica da natureza estabelece que o universo é visto como uma estrutura organizada, em um todo e estratificado em níveis hierárquicos. Cada nível mais elevado possui níveis mais baixos de sistemas, cada um deles, com suas características qualitativas e quantitativas próprias.

Esta organização hierárquica é apresentada por todas as estruturas e processos de características similares, desde os níveis físicos e químicos atômicos, níveis de suborganismos e organismos biológicos, até os níveis de integração sócio-bio-físicos. Cada sistema pode ser subdividido em subsistemas menores, que se interagem, cada um possuindo suas características próprias e funcionalidade, até um nível atômico, que em cada sistema será o último nível capaz de conter algum tipo de informação.

Um sistema ambiental então, por exemplo, poderá ser subdividido em diversos subsistemas, tais como: subsistema geológico, subsistema pedológico, subsistema da fauna, subsistema da flora, subsistema sócio-econômico, subsistema geomorfológico, subsistema climático, etc. Todos eles possuem relacionamentos e inter-relacionamentos dentro de cada subsistema e entre outros sistemas, considerando-se as interações entre vários geocossistemas ou sistemas de paisagem. Assim existirão fluxos de energia tanto internamente como externamente, em cada nível hierárquico e em cada sistema considerado.

A teoria das estruturas hierárquicas, como princípio filosófico, não permite que existam fluxos e trocas entre os componentes de cada nível, pois ter-se-ia que se ascender ao nível superior, para poder-se chegar à outro elemento do mesmo nível. Esses conceitos foram discutidos amplamente por KOESTLER (1969), que observou que os sistemas ambientais, para a sua representação hierárquica, teriam que mostrar também conceitualmente a ligação e os relacionamentos internos, nos diferentes níveis da organização. KOESTLER (*Op. cit.*) mostra neste trabalho, a inexistência de “todo” e “partes”, no domínio dos organismos vivos e organização social. Em vez disso eram encontradas estruturas intermediárias em uma série de níveis, numa ordem crescente de complexidade, cada uma tendo duas faces apontando para direções opostas, uma superior e outra inferior, respectivamente um nível superior e um nível inferior, caracterizando em relação ao nível superior uma dependência e para o nível inferior uma relação de paternidade.

Para designar a estrutura de dependências, KOESTLER (1969) criou uma palavra nova: “*holon*”, pela junção do grego *holos*, significando “todo” e do sufixo *on*, como em *foton* ou *neutron*, sugerindo uma partícula ou parte de um todo. Ainda foi mostrada por KOESTLER, a qualidade epistemológica do conceito de *holon*, criando uma ponte, ligando os conceitos de atomismo e holismo e dessa forma estabelecendo uma visão global entre as partes componentes de um todo.

Em termos de organismos, ou em termos de sistemas que incluam organismos vivos e funções sócio-econômico-culturais, existe uma impossibilidade de ser reduzida ou

explicada por suas partes elementares, sem serem consideradas as funções intrínsecas e extrínsecas do seu todo, bem como as relações, funções e inter-relacionamentos entre os seus elementos componentes. Pode-se entretanto, através da hierarquia de *holons*, dissecar a estrutura, em que cada nível é um subconjunto, definido por uma estrutura estável, com elementos reguladores próprios e gozando de um grau razoável de autonomia. Deve-se observar que não existirá nunca uma total independência ou autonomia entre os níveis inferior e superior de um sistema de *holons*. As partes gozam desse grau de autonomia sem serem totalmente independentes dos níveis superiores e dos componentes do mesmo nível hierárquico. À esta estrutura hierárquica de *holon*, pode-se chamar de holarquia, uma palavra que aglutina as duas anteriores (KOESTLER, 1969).

Esta estrutura pode ser empregada e utilizada para modelar qualquer tipo de sistemas ecológicos e ambientais, sócio-econômico-culturais e cognitivos. Evidentemente os sistemas geocológicos estão também enquadrados nesta estrutura, pois tratam de todos os elementos e sistemas apresentados acima.

A figura 2.6 mostra como é um sistema da paisagem (geocossistema), com alguns dos seus subsistemas componentes, que por sua vez podem possuir outros sub-sistemas componentes e assim sucessivamente.

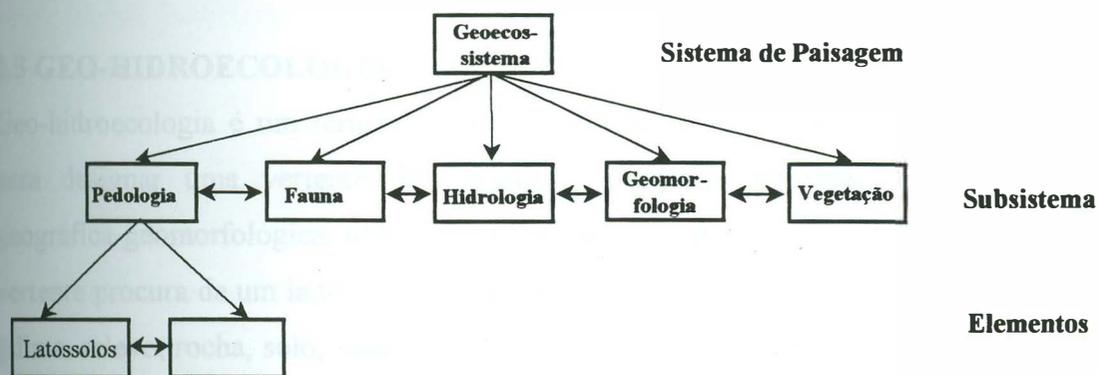


Figura 2.6 – Estrutura hierárquica de *holons*

A abordagem hierárquica ainda é bastante útil para o estabelecimento de níveis, a partir da observação de um elemento de interesse e os relacionamentos com um nível superior e com os níveis inferiores ou subordinados. O nível de observação é considerado o nível

zero; o nível superior é definido como o nível de injunções que estarão afetando diretamente o nível de observação; o nível inferior define o nível de efeitos ou conseqüências sobre o meio observado. Estabelece-se, desta forma, também uma estrutura hierárquica, porém interligando principalmente as relações entre causa e efeito. O nível de observação estabelece a ligação entre os dois (O'NEILL, 1988).

A figura 2.7 mostra esquematicamente as relações para a estrutura hierárquica de observação de um fenômeno qualquer. Esta estrutura pode ser aplicada à praticamente todos os fenômenos que envolvam causas e efeitos sobre seus elementos componentes.

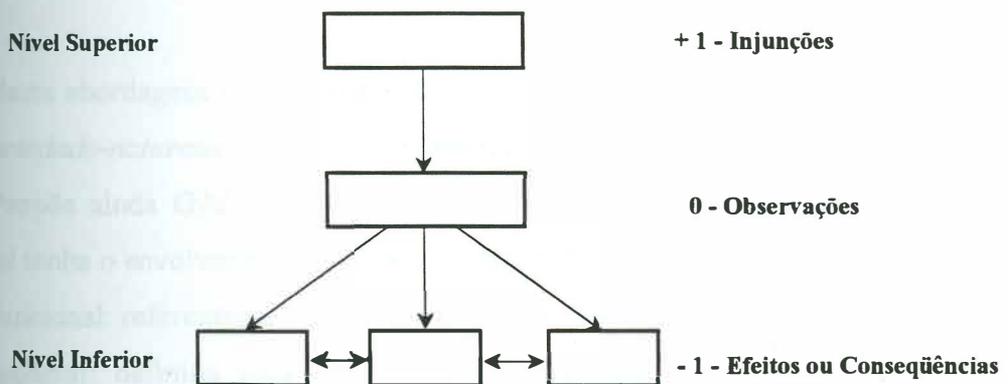


Figura 2.7 – Estrutura hierárquica de observação

2.5 GEO-HIDROECOLOGIA

Geo-hidroecologia é um termo bastante novo, criado por COELHO NETTO (1992), para designar uma vertente de estudos e pesquisas geológicas na interface geográfica-geomorfológica, utilizando a Hidrologia como disciplina de integração. Esta vertente procura de um lado, decodificar as interações entre os elementos geobiofísicos (clima, relevo, rocha, solo, vegetação e fauna) e sócio-culturais (associados à seqüência histórica e atual de usos e manejos ambientais), especialmente em suas funções reguladoras dos processos hidrológicos e geomorfológicos, buscando conhecer e modelar a evolução dos sistemas ambientais, particularmente sob o recorte de bacias de drenagem ou sistemas hidrográficos envolventes. A aplicação principal destes conhecimentos volta-se ao desenvolvimento de metodologias para análise tanto

diagnósticas como prognósticas (incluindo-se análises de susceptibilidades e riscos ambientais, especialmente dos desastres naturais associados à água), assim como para avaliação e recuperação de áreas degradadas por retração florestal e problemas de erosão (COELHO NETTO, 2000).

A introdução de componentes sócio-econômicos culturais ao meio ambiente, a partir da década de 80, trouxe uma concepção mais integrativa, caracterizando os inter-relacionamentos entre todos os seus elementos componentes (GUTMANN, 1988). Mostra ainda o autor, que o meio ambiente é um produto do processo de ocupação e da transformação do espaço pela sociedade, ao longo de um período de tempo.

Dentro desta abordagem o ambiente é definido como “*o produto da relação homem-meio, sociedade-natureza, ou seja, a natureza recriada pela sociedade*” (GALVÃO, 1992). Propõe ainda GALVÃO (1992), que numa perspectiva geográfica, a questão ambiental tenha o envolvimento de seis dimensões diferentes:

- funcional: referentes à dinâmica entre os componentes sócio-bio-físicos;
- espacial: definida pela amplitude da ocorrência, utilização, quantificação e potencial de recursos;
- temporal: projeta e incorpora os recursos na dinâmica da organização ambiental;
- cultural: definindo o nível de percepção e valorização dos recursos;
- social: que efetua a acessibilidade dos recursos e
- política: que estabelece a estratégia de aferição e usos dos recursos.

Nesta visão de GALVÃO (*Op. cit.*), é sugerido que os estudos ambientais, dentro da Geografia, busquem a identificação e a compreensão das formas e processos de ajuste entre a sociedade e natureza.

A figura 2.8 apresenta um quadro geral da complexidade da interação sociedade-natureza, bem como de suas conseqüências sobre o meio ambiente. Pode-se verificar que essas conseqüências são traduzidas por uma degradação ao meio ambiente. Processos naturais podem também causar degradações, porém um dos principais vetores

de degradação ambiental, senão o principal, ainda pode ser considerado pela ação antrópica sobre o meio ambiente.

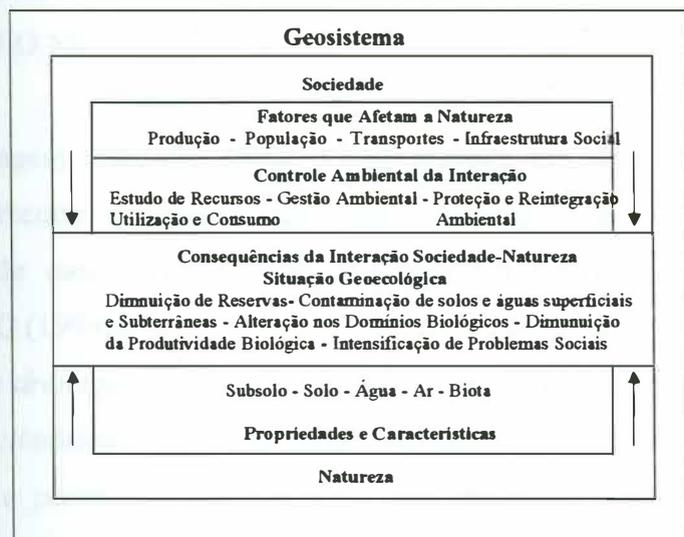


Figura 2.8 - Esquema da complexidade da interação sociedade-natureza (adaptado de RUDENKO & BOCHKOVSKAYA, 1994b)

Dentro da concepção geo-hidroecológica idealizada por COELHO NETTO (1992), a hidrologia, a qualidade da água (concentrações críticas de elementos sólidos e solúveis) em suas mais diversas formas de atuação sobre o geocossistema constitui um indicador de qualidade ou degradação ambiental. Assim, segundo a autora, busca-se:

“a compreensão das interações existentes na pluri-composição dos sistemas ambientais (rocha-relevo-solo-vegetação-fauna-homem), desenvolvendo um conhecimento integrado e voltado à modelagem física dos circuitos das águas e de todas as suas implicações na dinâmica dos processos geomorfológicos modeladores da superfície terrestre, e sua evolução ao longo do tempo”.

Fica caracterizada então, a necessidade do conhecimento do ciclo da água em sua fase terrestre, decodificando relações e operações dos sistemas de drenagem, definidores das bacias, que por sua vez também definem os fluxos superficiais e subsuperficiais da água, desde as encostas até os canais fluviais das mais diversas ordens.

Do conhecimento dos processos geomorfológicos, fornecendo a orientação para as pesquisas com um caráter geoecológico, procura-se desenvolver pesquisas voltadas ao diagnóstico ambiental, prognósticos e estudos de recuperação de áreas degradadas ou passíveis de degradação, segundo as mais diferentes formas de atuação humana sobre o ambiente (COELHO NETTO, 1996).

A bacia de drenagem, definida como a área drenada por um curso d'água e seus tributários, é o recorte espacial adotado pela abordagem geo-hidroecológica como unidade básica de estudo. Esta opção é respaldada em aspectos destacados por COELHO NETTO (1994):

- *“a bacia de drenagem é um sistema aberto que recebe impulsos energéticos das forças climáticas atuantes sobre sua área, e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio dos fluxos de águas, sedimentos e solúveis exportados pela bacia para o seu ponto de saída comum”;*
- *“as encostas, topos, fundos de vales, canais, corpos d'água subterrâneos, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, dentre outras unidades da paisagem, estão interligados como componentes da bacia de drenagem”;*
- *“uma certa bacia de drenagem pode conter diversas sub-bacias que articulam entre si, desde os divisores na sua porção superior, convergindo na direção de um canal tronco ou coletor principal, constituindo um sistema hierarquicamente organizado”;*
- *“uma determinada paisagem pode conter um certo número de bacias drenando para um reservatório terminal comum, como um lago ou o oceano”;*
- *“alterações significativas na composição ambiental, de uma certa porção da bacia de drenagem podem acarretar mudanças na operação interna do sistema, propagando efeitos sobre a qualidade e quantidade de águas, tanto na rede de canais como no reservatório terminal”.*

Assim pode-se considerar a bacia hidrográfica como a unidade espacial ideal de referência, para que se possa entender as relações entre áreas distintas, através da topologia existente entre as bacias, em termos de vizinhança e contiguidade, bem como as intervenções antrópicas ao longo de um período de tempo determinado. COELHO NETTO (*Op. cit.*), afirma que:

“através dos sistemas que drenam os resíduos líquidos, sólidos e solúveis, regulados por uma certa estrutura funcional interna, podemos avaliar qualitativa e quantitativamente o balanço das condições ambientais resultantes das diversas formas e magnitudes das intervenções humanas sobre a estrutura geobiofísica e sócio-econômica do sistema” (COELHO NETTO *et al*, 1996).

Dessa forma, a estrutura espacial de bacias hidrográficas é uma unidade hidrogeomorfológica fundamental tanto para o planejamento territorial, como também para a gestão ambiental.

3 CARTOGRAFIA E REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

3.1. DEFINIÇÕES E CONCEITO DE CARTOGRAFIA

Cartografia é uma palavra etimologicamente derivada do grego “*graphein*”, significando escrita ou descrita e do latim “*charta*”, com o significado de papel, mostrando uma estreita ligação com a apresentação gráfica da informação, através da sua descrição em papel. Foi criada em 1839 pelo historiador português Visconde de Santarém, em carta escrita em Paris e dirigida ao historiador brasileiro Adolfo Varnhagen. Antes do termo ser divulgado e conseqüentemente consagrado na literatura mundial, usava-se tradicionalmente o vocábulo *Cosmografia*. (OLIVEIRA, 1980).

Definir Cartografia, dependendo do contexto que estiver sendo abordado e do grau de profundidade desejado, pode ser uma tarefa bastante simples ou complexa. Uma definição simplista pode ser estabelecida, apresentando-a como a “*ciência que trata da concepção, estudo, produção e utilização de mapas*” (ONU, 1949 *apud* OLIVEIRA, 1980).

Em 1991 a ICA, através da Comissão II, apresentou uma nova definição, nos termos seguintes: “*ciência que trata da organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação, sob uma forma que pode ser visual, numérica ou tátil, incluindo todos os processos de elaboração, após a preparação dos dados, bem como o estudo e utilização do mapas ou meios de representação em todas as suas formas*”.

Esta é uma das definições mais atualizadas, incorporando conceitos que não eram citados anteriormente, mas nos dias atuais praticamente já estão diretamente associados à Cartografia. Ela extrapola o conceito da apresentação cartográfica, devido à evolução dos meios de apresentação, para todos os demais compatíveis com as modernas estruturas de representação da informação. Apresenta o termo **geoinformação**, caracterizando um aspecto relativamente novo para a Cartografia em concepção, mas não em utilização, pois é uma abordagem diretamente associada à representação e armazenamento de informações. Trata-se porém, de associar a Cartografia como uma ciência de tratamento da informação, mais especificamente de uma informação gráfica, que esteja vinculada à superfície terrestre, seja ela de natureza física, biológica ou

humana. Dessa forma a informação geográfica sempre será a principal informação contida nos documentos cartográficos.

Face à Geografia, a Cartografia apresenta-se funcionalmente, como uma ferramenta de apoio, permitindo, por seu intermédio, a espacialização de todo e qualquer tipo de informação geográfica. Desta forma, para o geógrafo, é imprescindível o conhecimento dos aspectos básicos da cartografia bem como dos elementos básicos de projeto de mapas. O cartógrafo geográfico deve ser distinto de outras áreas de aplicação da Cartografia, pois a sua representação pode ser considerada ao mesmo tempo como ferramenta e produto do geógrafo (DENT, 1999).

O geógrafo, como cartógrafo, percebe a perspectiva espacial do ambiente geobiofísico, tendo a habilidade de abstrai-lo e simbolizá-lo. Deve conhecer projeções e selecioná-las, Ter a compreensão das relações de áreas e também conhecimentos da importância da escala na representação final de dados.

Por outro lado deve ter a capacidade, devido à intimidade com a abstração da realidade e sua representação, de avaliar e revisar o processo, visando facilitar o entendimento por parte do usuário final. É fundamental a sua participação no projeto e produção de mapas temáticos, associando também a representação de outros tipos de informações, tais como sensores remotos.

SAUER (1963) sintetiza claramente a importância da Cartografia para o geógrafo, através da seguinte citação:

Mostre-me um geógrafo que não necessite deles (mapas) constantemente e os queira ao seu redor e eu terei minhas dúvidas se ele fez a correta escolha em sua vida.

O mapa fala através da barreira da linguagem. (SAUER, 1963).

3.1.1 Divisão e Classificação da Cartografia

Modernamente a Cartografia pode ser dividida em dois grandes grupos de atividades (TYNER, 1992; DENT, 1999)

- de propósito geral ou de referência
- de propósito especial ou temática

O primeiro grupo trata da cartografia definida pela precisão das medições para confecção dos mapas. Preocupa-se com a chamada cartografia de base. Procura representar com perfeição todas as feições de interesse sobre a superfície terrestre, ressaltando apenas a escala de representação. Tem por base um levantamento preciso e normalmente utilizam como apoio, a fotogrametria, a geodésia e topografia. Seus produtos são denominados mapas gerais, de base ou de referência.

O segundo grupo de atividades de mapeamento depende do grupo anteriormente citado. Mapas de ensino, pesquisa, atlas e mapas temáticos, bem como mapas de emprego especial, enquadram-se nessa categoria. Estes mapas são denominados mapas temáticos.

Os mapas temáticos podem representar também feições terrestres e lugares, mas não são definidos diretamente dos trabalhos de levantamentos básicos. São compilados de mapas já existentes (bases cartográficas), que servirão de apoio à todas as representações. Distinguem-se essencialmente dos mapas de base, por representarem fenômenos quaisquer, que sejam geograficamente distribuídos, discreta ou continuamente sobre a superfície terrestre. Estes fenômenos podem ser tanto de natureza física, como por exemplo a média anual de temperatura ou precipitação sobre uma área, ou de natureza abstrata, humana ou de outra característica qualquer, tal como a taxa de natalidade de um país, condição social, distribuição de doenças, entre outros. Estes mapas dependem de dados reunidos através de fontes diversas, tais como informações censitárias, publicações industriais, dados governamentais, pesquisa local, etc.

A exigência principal para que um fenômeno qualquer possa ser representado em um mapa, é a associação da distribuição espacial ou geográfica. Em outras palavras, deve

ser conhecida e perfeitamente definida a sua ocorrência sobre a superfície terrestre. Este é o elo de ligação entre o fenômeno e o mapa. Assim, qualquer fenômeno que seja espacialmente distribuído, é passível de ter representada a sua ocorrência sobre a superfície terrestre através de um mapa. Um fenômeno assim caracterizado é dito como georreferenciado.

A Cartografia Temática pode ser dividida três sub-classes (GUÉNIN, 1972; BÉGUIN & PUMAIN, 1994):

- Inventário
- Estatística ou Analítica
- Síntese

A Cartografia Temática de Inventário é definida através de um mapeamento qualitativo. Possui uma característica discreta, realizando apenas a representação posicional da informação no mapa. Normalmente estabelecida pela superposição ou justaposição, exaustiva ou não, de temas, permite ao usuário saber o que existe em uma área geográfica.

A Cartografia Analítica é eminentemente quantitativa, mostrando a distribuição de um ou mais elementos de um fenômeno, utilizando para isso informações oriundas de dados primários, com as modificações necessárias para a sua visualização. De uma forma geral ela classifica, ordena e hierarquiza os fenômenos a representar.

A Cartografia de Síntese é a mais complexa e a mais elaborada de todas, exigindo um profundo conhecimento técnico dos assuntos a serem mapeados. Integrativa por excelência, exige o concurso de várias especialidades integradamente. Representa a interação de fenômenos, feições, fatos ou acontecimentos que se inter-relacionam, através da distribuição espacial. Permite que se desenvolva um aspecto analítico, para estabelecer um estudo analítico-conclusivo sobre a interação e inter-relacionamentos dos fenômenos estudados.

A Cartografia Temática de caráter especial é destinada a objetivos específicos, servindo praticamente a um único tipo de usuário. Por exemplo a definida por mapas e cartas náuticas, aeronáuticas, sinóticas, de pesca entre outras.

A preparação de uma apresentação eficaz, requer uma visão crítica dos dados a serem mapeados bem como o simbolismo ou convenções que serão utilizadas para representá-los. É necessário ser considerado para o projetista do mapeamento temático os seguintes aspectos:

- conhecimento profundo dos princípios que fundamentam a apresentação da informação e o projeto da composição gráfica efetiva;
- ter um forte sentido de lógica visual, e uma habilidade especial para escolher as palavras corretas que descreverão o gráfico, o mapa ou o cartograma;
- conhecimento do assunto a ser mapeado, ou estar com uma equipe multidisciplinar.

3.2 MAPA: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O termo mapa é utilizado em diversas áreas do conhecimento humano como um sinônimo de um modelo do que ele representa. Na realidade deve ser um modelo que permita conhecer a estrutura do fenômeno que se está representando. Mapear deve ser considerado mais do que simplesmente apenas interpretar o fenômeno, mas também dominar o próprio conhecimento do fenômeno que se está representando. A Cartografia vai fornecer um método ou processo que permitirá a representação de um fenômeno, ou de um espaço geográfico, de tal forma que a sua estrutura espacial será visualizada, permitindo que se infira conclusões ou experimentos sobre a representação (KRAAK & ORMELING, 1996).

Os mapas podem ser considerados para a sociedade tão importantes quanto a linguagem escrita. Caracterizam uma forma eficaz de armazenamento e comunicação de informações que possuem características espaciais, abordando tanto aspectos naturais (físicos e biológicos), como sociais, culturais e políticos.

3.2.1 Conceito de Mapa

O conceito de mapa é caracterizado como uma representação plana, dos fenômenos sócio-bio-físicos, sobre a superfície terrestre, após a aplicação de transformações, a que são submetidas as informações geográficas (MENEZES, 1996a). Por outro lado um mapa pode ser definido também como uma abstração da realidade geográfica e considerado como uma ferramenta poderosa para a representação da informação geográfica de forma mental, visual, digital ou tátil (BOARD, 1990).

3.2.2 Definição de Mapa

As definições de mapas, com ligeiras diferenças, englobam um núcleo comum, que uma vez caracterizado, não deixa nenhuma margem de dúvida sobre seus objetivos e abrangência. Este núcleo envolve as informações que serão representadas, as transformações à que estarão sujeitas, para que possam ser representadas por alguns dos possíveis meios gráficos de visualização.

De 1708, tem-se uma das primeiras definições, devida a HARRIS (1708, *apud* ANDREWS, 1998), definindo mapa como “*uma descrição da Terra, ou uma parte de sua área, projetada sobre uma superfície plana, descrevendo a forma dos países, rios, situação das cidades, colinas, florestas e outras feições*”.

Um das mais modernas definições é devida à THROWER (1996), estabelecendo que um mapa “*é uma representação usualmente sobre uma superfície plana, de toda ou uma parte da superfície terrestre, mostrando um grupo de feições, em termos de suas posições e tamanhos relativos*”.

3.2.3 Classificação dos Mapas

Classificar os mapas em categorias distintas é uma tarefa quase impossível devido ao número ilimitado de combinações de escalas, assuntos e objetivos. Existem tentativas de classificações, que permitem agrupar mapas segundo algumas de suas características básicas, não existindo porém um consenso com respeito à essas classificações. Nesse

contexto serão apresentadas aqui as classificações que melhor estão adaptadas para este trabalho. Algumas destas classificações são conclusões oriundas de aglutinações e combinações de diversos autores.

Inicialmente a própria divisão da Cartografia já fornece uma divisão formal, pela função exercida pelos mapas. Encontram-se assim os mapas de referência ou de base e os mapas temáticos, possuindo as características e funções já descritas na divisão da Cartografia (MENEZES, 1996). A tabela 3.1 mostra duas classificações, interligando escala e área geográfica abrangida pelo mapa.

Tabela 3.1 - Classificação dos Mapas segundo as Escala de Representação

Escalas	Classificação	
< 1:5 000 000	muito pequena	Globais
1: 5 000 000 – 1:250 000	pequena	Geográficas
1: 250 000 – 1: 50 000	média	Topográficas
1: 50 000 – 1: 5 000	grande	Cadastrais
> 1: 5000	muito grande	Plantas

É comum a referência ao termo *carta* para referenciar um mapa. Procurando fornecer um conceito e não uma definição formal, os mapas são caracterizados por representar um todo geográfico, podendo estar em qualquer escala, seja ela grande, média ou pequena. A carta por sua vez é caracterizada por representar um todo geográfico em diversas folhas, pois a escala não permite a sua representação em uma única folha. O conjunto de todas as folhas caracteriza a carta, ou seja, a representação do todo geográfico que se deseja mapear.

Até o início da década de 80, os mapas em papel eram considerados um dos poucos meios cartográficos de representação e armazenamento da informação geográfica, além de ser o produto final de apresentação desta mesma informação. O desenvolvimento tecnológico ampliou a capacidade de representação e armazenamento da informação, incorporando conceitos de exibição de mapas em telas gráficas de monitores de vídeo, mapas voláteis, bem como caracterizando os meios magnéticos de armazenamento da

informação, tais como: CD-ROM, discos rígidos, fitas magnéticas, disquetes, etc, como uma forma numérica de representação.

Os mapas em papel possuem uma característica analógica, sendo uma forma de representação permanente da informação, definindo um modelo de dados e armazenamento, como também um modelo de transferência da informação para os usuários (CLARKE, 1995).

Os mapas apresentados em telas gráficas correspondem àqueles que possuem uma capacidade de visualização temporária da informação, sendo a transferência estabelecida segundo a vontade ou a necessidade de ser visualizada. A sua visualização também pode se dar através de cópias em papel, neste caso assumindo a característica de visualização dos mapas em papel.

Sob este enfoque, os mapas podem ser classificados segundo seus atributos de visibilidade e tangibilidade, (MOELLERING, 1983; CROMLEY, 1992; KRAAK & ORMELING, 1996):

- **Mapas analógicos ou reais**, de características permanentes, diretamente visíveis e tangíveis, tais como os mapas convencionais em papel, as cartas topográficas, atlas, ortofotomapas, mapas tridimensionais, blocos-diagramas. Existe uma característica da informação ser permanente, não podendo ser atualizada, a não ser por processos de construção de um novo mapa.
- **Mapas virtuais do tipo I**, diretamente visíveis, porém não tangíveis e voláteis, ou seja, não permanentes, como a representação em um monitor de vídeo e mapas cognitivos. Neste caso apenas a visualização não é permanente. A informação porém possui os mesmos problemas de atualização.
- **Mapas virtuais do tipo II**, aqueles que não são diretamente visíveis, porém possuem características analógicas e permanentes como meio de armazenamento da informação. Como exemplos, pode-se citar os modelos anaglifos de qualquer espécie, dados de campo, hologramas armazenados, CD-ROM, *laser-disc*, etc. A

informação contida só poderá ser modificada através de processos completos de atualização.

- **Mapas virtuais do tipo III**, têm características não visíveis e não permanentes, podendo-se incluir nesta classe a memória, discos e fitas magnéticas, animação em vídeo, modelos digitais de elevação (inclusos aqui os modelos digitais de terreno) e mapas cognitivos de dados relacionais geográficos.

Ainda pode-se incluir uma quinta categoria, descrevendo os mapas que podem ser considerados dinâmicos. Nesta categoria algumas distinções poderão ser ainda serem tratadas (MENEZES, 1996; PETERSON, 1995):

- **Mapas que apresentam dinamismo das informações**, mais precisamente representando fluxos, movimentos ou desenvolvimentos temporais de um dado tipo de informação;
- **Mapas animados**, que apresentam as mesmas características dos mapas anteriores, porém mostrando o dinamismo em seqüências animadas. São de características tipicamente computacionais.
- **Mapas dinâmicos em tempo real**, que por serem associados à sensores que fornecem a informação em tempo real, têm a capacidade de associa-la e representá-la praticamente ao mesmo tempo da recepção.

3.3 CONCEITOS COMPLEMENTARES

3.3.1 Geóide e Elipsóide

A forma da Terra possui características próprias e pode possuir vários significados, dependendo do sentido e da própria precisão que se desejar associar. Pode ser considerada plana, esférica e elipsóidica, assumindo-se essas formas com as condições restritivas de cada uma, para representar a superfície terrestre. Na realidade, uma superfície geométrica tem que ser assumida, para que possam ser efetuados os cálculos de posicionamento, distâncias e outros de importância para a Geodésia.

O conhecimento preciso da forma e dimensões, é essencial, pois todas as operações envolvendo qualquer tipo de posicionamento sobre a superfície terrestre, cálculos de

distância e orientações, transformações de escala e projetivas, inerentes às representações cartográficas, envolvem seus parâmetros de uma forma mais ou menos precisa.

A forma da Terra é o Geóide. Sua definição mais simplista o apresenta como a “*superfície do nível médio dos mares, supostamente prolongada sob os continentes*” (BURKARD, 1974).

A determinação do nível médio dos mares origina e define o *Datum Vertical*, ou origem de coordenadas verticais, para todas as observações de altitude. O *datum* vertical oficial do Brasil, atualmente, está determinado em Imbituba, Santa Catarina.

Pelo Geóide não possuir uma estrutura matemática associada, necessita-se para que se possam realizar cálculos sobre a superfície terrestre, da existência de uma figura, matematicamente definida, semelhante à superfície física e ao Geóide, que possa substituí-las, com esta finalidade. Devido a forma da Terra ser achatada nos pólos e ligeiramente alargada no Equador, a figura escolhida, com a maior aproximação com a sua forma é um elipsóide de revolução, figura gerada pela rotação de uma elipse em torno de seu eixo menor (TORGE, 1991; BOMFORD; 1977).

Um sistema geodésico consiste de um elipsóide de revolução, adaptado à superfície terrestre e a sua orientação no espaço. Este sistema estabelece a origem e orientação do elipsóide adotado, bem como o posicionamento em relação ao geóide. O sistema geodésico é também denominado como o *datum horizontal* (GEMAEL, 1975; VANICEK, 1982).

No Brasil, o sistema geodésico oficial, adotado desde 1977 é o SAD-69, composto do elipsóide de referência de 67 e do ponto origem Chuá, próximo a Uberlândia, MG. Outros sistemas geodésicos podem ser ainda encontrados nos mapeamentos sistemáticos e não sistemáticos brasileiros, tais como o datum Córrego Alegre, composto do elipsóide de Hayford e do ponto origem Córrego Alegre. A utilização do GPS (*Global*

Positioning System) faz também o WGS 84 (*World Geodetic System*) ser bastante utilizado.

3.3.2 Sistemas de Referência

A associação da informação geográfica aos sistemas de referência ou de posicionamento terrestre, tornam possível o conhecimento da exata localização da ocorrência do fenômeno sobre a superfície terrestre. Os sistemas terrestres podem ser locais ou globais. Os sistemas locais são normalmente simplificados, aplicados à uma área restrita, enquanto que os globais são de maior complexidade. Ambos porém podem possuir características de precisão associadas tanto à amplitude da área representada, como ao modelo matemático aplicado (MAHLING, 1993).

A utilização de sistemas de coordenadas em qualquer um dos casos, estabelece os relacionamentos matemáticos necessários para o exato posicionamento da informação sobre a superfície terrestre.

A tabela 3.2 apresenta os sistemas de coordenadas mais utilizados para referenciamento de coordenadas.

Tabela 3.2 – Tipos de sistemas de coordenadas associados ao georreferenciamento

Dimensionalidade	Tipo	Coordenadas
Bidimensionais ou Planos	Cartesianos	x, y
	Polares	r, θ
Tridimensionais ou Espaciais	Cartesianos	x, y, z
	Polares	r, θ , ϖ
	Terrestre	φ - latitude λ - longitude h – altura elipsóidica ou H - altitude

3.4 COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA

3.4.1 Conceito e Ciclos de Comunicação

A Cartografia é, em princípio, um meio de comunicação gráfica, exigindo portanto, como qualquer outro meio de comunicação um mínimo de conhecimentos por parte daqueles que a utilizam. A linguagem cartográfica é praticamente universal, um usuário com conhecimentos cartográficos, será capaz de ler e traduzir uma grande quantidade de informações contidas em um documento cartográfico, qualquer que seja a sua forma de apresentação.

Considerando-se a Cartografia como um sistema de comunicação, verifica-se que a fonte de informações é o mundo real, que é codificado através do simbolismo do mapa, sendo que o vetor de ligação entre a fonte e o mapa é caracterizado pelo padrão gráfico bidimensional definido pelos símbolos. A figura 3.1 apresenta a estrutura do sistema de comunicação cartográfica.

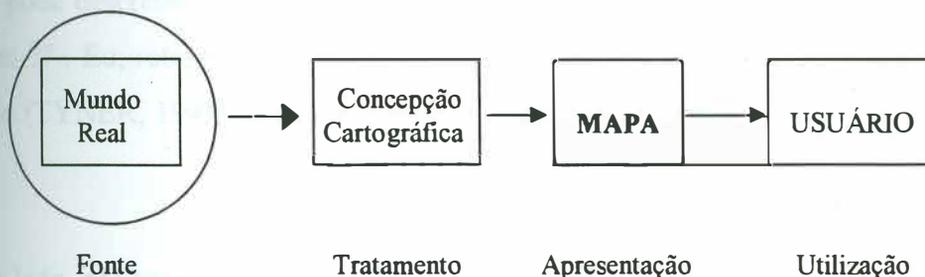


Figura 3.1 - Sistema de Comunicação Cartográfica (Adaptado de TYNER (1992))

Na realidade, de uma forma simplificada, o sistema de informação está restrito ao mundo real, ao cartógrafo e ao usuário, gerando três realidades diferentes, como se fossem conjuntos separados. Quanto maior a interseção destas três realidades, mais se aproxima o mapa ideal para a representação de um espaço geográfico, em qualquer dos seus aspectos, visualizadas na figura 3.2.

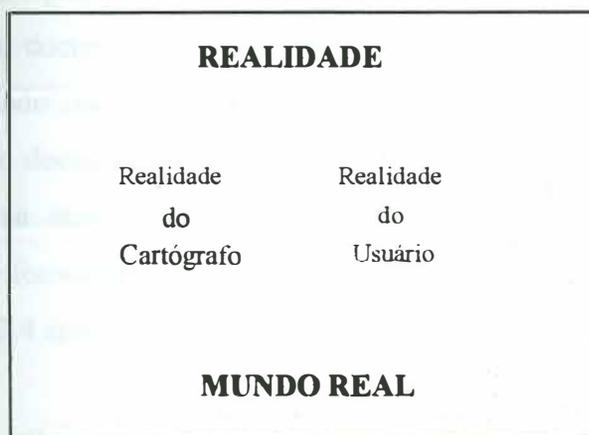


Figura 3.2 - Mapa Ideal

O modelo de comunicação cartográfica envolve então, esquematicamente, quatro elementos distintos: o cartógrafo ou o elemento de concepção, o mapa como veículo de comunicação da informação, ou seja do tema a ser representado e o usuário. Uma pergunta pode descrever este modelo como um todo: “Como eu posso descrever o que para quem?”. Eu, refere-se ao cartógrafo, como ao mapa, o que ao tema e para quem ao usuário (TYNER, 1993). O modelo pode ser apreciado pela figura 3.3.

Por outro lado, podem ser definidos, segundo esses conceitos, os ciclos de comunicação da informação cartográfica que podem ser alcançados no processo (MENEZES, 1996):

- Ciclo de Comunicação Ideal;
- Ciclo de Comunicação Real Cartógrafo-Usuário e
- Ciclo de Comunicação Falho.



Figura 3.3 - Modelo Simples de Comunicação Cartográfica

No ciclo ideal o cartógrafo faz a leitura e interpretação do mundo real, codificando as informações para o documento de comunicação, o mapa. O usuário por sua vez, sem contato com o mundo real, fará a leitura e interpretação das informações contidas no mapa, para que, ao decodifica-las, possa reconstituir o mundo real. Este tipo de ciclo não é alcançado na maioria das vezes. Consegue-se uma aproximação através de fotomapas ou ortofotocartas, dependendo ainda do tipo de informação que se vai veicular. A figura 3.4 apresenta o esquema deste ciclo.

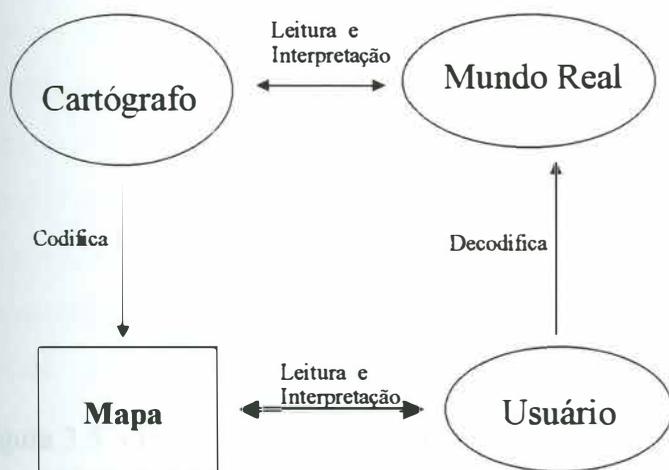


Figura 3.4 - Esquema do ciclo ideal da comunicação cartográfica

O ciclo real de comunicação mostra que na leitura e interpretação pelo cartógrafo do mundo real, será criado um modelo segundo a sua visão, só passando a sua codificação para o mapa após a elaboração dessa visão própria. Segundo o usuário agora, a leitura e interpretação dessa informação, vai permitir no máximo que se chegue até a visão do mundo real, produzida pelo cartógrafo. Não se consegue chegar ao mundo real, porém alcança-se a comunicação, com o sucesso do usuário em decodificar o mundo real na visão do cartógrafo. A figura 3.5 apresenta a visão esquemática do ciclo.

No esquema do ciclo falho, o usuário não consegue, no processo de leitura, interpretação e posterior decodificação da informação transmitida pelo mapa, chegar a visão do mundo real definida pelo cartógrafo. Cria-se uma outra visão, agora definida pelo usuário, segundo a qual ele vê ou reconstitui o mundo real. Neste processo, o erro tanto pode ser do cartógrafo, que não soube codificar a sua visão do mundo real no

mapa, como também do usuário, em não saber como decodificar essas informações. De uma ou outra maneira, aqui a comunicação cartográfica não é alcançada. A figura 3.6 mostra esquematicamente o ciclo de comunicação falho.

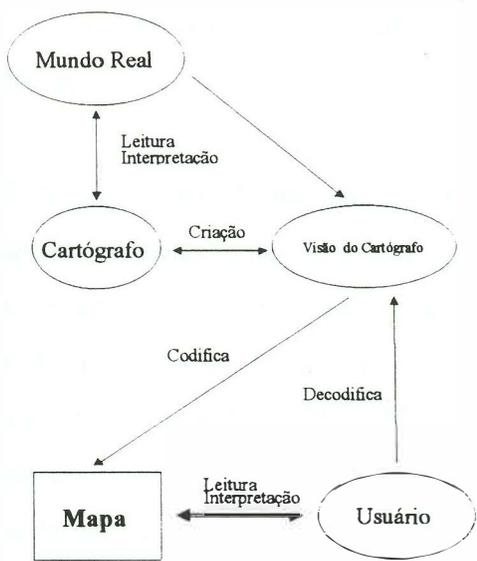


Figura 3.5 - Esquema do ciclo real entre cartógrafo e usuário

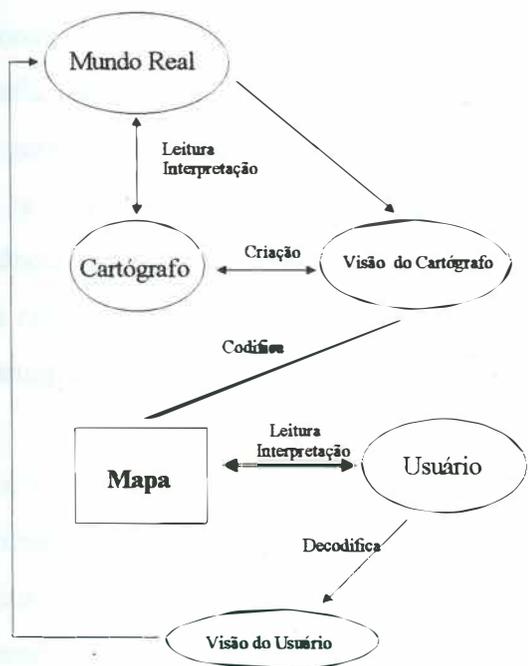


Figura 3.6 - Esquema do ciclo de comunicação falho

3.5 CARTOGRAFIA DIGITAL

Uma das áreas do conhecimento que apresentou um profundo impacto com o desenvolvimento da tecnologia dos computadores, foi sem dúvida a Cartografia. Este desenvolvimento foi particularmente sentido nas duas últimas décadas, quando do desenvolvimento e aperfeiçoamento dos equipamentos que viriam a permitir a visualização gráfica de informações.

Termos surgidos no início dos anos 80, designavam os esforços para o tratamento computacional como cartografia automatizada, evoluindo para cartografia apoiada por computador e cartografia assistida por computador, a semelhança dos sistemas assistidos por computador para projetos mecânicos (*CAD/CAM – computer aided design/ computer assisted manufacturing*) (RHIND, 1977; BOYLE, 1979). Estes termos não refletiram a significância do processo de modernização, o que viria a ser caracterizado quase no final da década de 80, quando é então verificada a percepção e a prática em grande escala de uma maneira revolucionária de fazer cartografia (MARBLE, 1987).

A partir deste período, os computadores começam também a afetar o tratamento cartográfico profissional, para a construção de mapas. Qualquer pessoa que possua um software de cartografia, bem como um hardware com capacidade de processamento gráfico, é capaz de gerar mapas, com pelo menos com uma aparência de qualidade. Desta forma o que se vê, até hoje, e com um crescimento cada vez maior, é uma popularização da ciência cartográfica. Mais e mais pessoas passam a trabalhar com cartografia, apoiadas nos sistemas computacionais, porém sem embasamento confiável de conhecimentos cartográficos.

É importante para a Cartografia essa popularização, pois muito foi desmitificado, permitindo o aparecimento de uma grande quantidade de mapas e outros documentos cartográficos, divulgando e disseminando a informação geográfica. Porém, muitas vezes a documentação gerada pode ter qualidade inferior, pela falta de conhecimentos cartográficos do pessoal envolvido nos trabalhos. Atualmente pode-se notar que existe uma tendência para uma busca do conhecimento cartográfico necessário, pois o nível de

sofisticação dos *softwares* exige um mínimo deste conhecimento por parte de seus usuários.

Apesar da forma com que a ciência computacional reformulou os processos cartográficos, os procedimentos em si não se constituem em novos paradigmas. Passa o computador a ser o assistente do cartógrafo e os equipamentos periféricos, os instrumentos de uma nova cartografia, denominada Cartografia Digital (CROMLEY, 1992). Pode-se então definir-se Cartografia Digital, como sendo a Cartografia tratada e assistida por processos computacionais, através de *hardware* e *software* apropriados ou adaptados.

3.5.1 Mapa como Modelo de Dados

Pelas definições apresentadas de mapa, depreende-se que eles descrevem uma representação gráfica do ambiente sócio-bio-físico. As características de tangibilidade, visibilidade e permanência da informação geraram um poderoso conjunto de definições para mapas (MOELLERING, 1983; CROMLEY, 1992; KRAAK & ORMELING, 1996).

Por outro lado, em relação a esse conjunto, outra característica que pode ser associada aos mapas é a sua função, dentro dos parâmetros definidos pela comunicação cartográfica. Um mapa para ser válido, deve comunicar informação ao usuário, instruindo-o sobre algo “novo” ou “diferente”, do que é “ordinário” ou “normal” (PEUCKER, 1972).

Em uma visão mais abrangente, então, um mapa é um **modelo de dados**, que pode ser definido como “*uma descrição geral de grupos específicos de entidades e os seus relacionamentos*” (PEUQUET, 1984). A função de um modelo é estabelecida através de algumas formas características (HARVEY, 1969); um **modelo icônico** apresenta apenas uma redução de escala, como os modelos reduzidos para estudos hidráulicos ou hidrológicos. Eles possuem todos os elementos do mundo real, reduzidos pela escala e as condições de emprego podem ser simuladas em laboratório. Um **modelo analógico** também possui uma redução em escala, porém os elementos do mundo real são

reproduzidos de forma semelhante. Um mapa topográfico é um modelo analógico do mundo real. Um **modelo simbólico** é estabelecido por uma representação altamente elaborada da realidade. Muitas vezes é necessário uma linguagem dedicada para a descrição dos objetos do mundo real. Um mapa temático é uma combinação de um modelo simbólico e um modelo analógico, considerando-se o mapa base como o modelo analógico e a informação temática traduzida por um modelo simbólico.

O impacto maior causado pela tecnologia computacional, em relação ao modelo de dados de um mapa, tem sido uma consideração da base cartográfica como uma imagem, logo como um modelo simbólico. Porém uma estrutura de armazenamento de uma informação digital é determinada apenas por códigos binários, não havendo em hipótese alguma qualquer correlação em semelhança com o mundo real. Estes códigos só serão manipulados e visíveis, através da execução de um software apropriado. Pode-se então inferir, que qualquer modelo apropriado para um tratamento computacional, será denominado **modelo digital** (CROMLEY, 1992; CLARKE, 1995).

A digitalização pode ser definida como o processo de transformação de dados analógicos, que descrevem determinados fenômenos para uma forma numérica (MENEZES, 1987). Em princípio, este processo não necessariamente é computacional, mas todo processo computacional exige uma tradução digital dos elementos, para serem reconhecidos.

3.5.2 Bases Cartográficas

O conceito de base cartográfica ou mapa base não é novo, nova é a sua vinculação à Cartografia Digital. ARLINGHAUS (1994) define base cartográfica como um *mapa preciso em escala, que mostra detalhes físicos e topográficos, tais como estradas, rios, lagos, ruas, altimetria*. Na realidade, qualquer mapa que seja desenvolvido pela cartografia de base ou de referência, estará enquadrado na definição acima. Os mapas base, ou bases cartográficas contém informações que servirão de apoio para as demais informações que serão acrescentadas à representação. Dentro do relacionamento com o Geoprocessamento, esse é um conceito importantíssimo, pois a base cartográfica servirá de registro, elemento de ligação entre todas as informações. Nesse aspecto, erros

existentes na base cartográfica serão propagados às informações e a todos os produtos derivados.

A precisão da base cartográfica estará associada às condições de execução do mapa, dentro do que preconizam as Normas Técnicas da Cartografia Nacional (Decreto Lei nº 89 817 de 20 de junho de 1984). Evidentemente que poderão existir bases cartográficas de precisão compatível com essas normas, como bases que estarão completamente abaixo dos níveis exigidos para trabalhos cartográficos.

Uma base cartográfica digital, pode ser conceituada como uma base cartográfica capaz de ser trabalhada por sistemas computacionais, juntando os conceitos de Cartografia Digital.

3.6 INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA x INFORMAÇÃO CARTOGRÁFICA

Como já referenciado, a informação geográfica pode ser conceituada como toda aquela, de natureza física, biológica ou social, que possua um relacionamento com um sistema de referência sobre a superfície terrestre.

Define-se informação cartográfica como a informação contida em um mapa. Pode ser de natureza estritamente cartográfica, como a rede de paralelos e meridianos, canevas geográfico, pontos cotados, como também, principalmente, as representações das informações geográficas, inclusive as legendas. Em outras palavras, a informação cartográfica representa a informação geográfica, após ter sido submetida a um processo de transformação, o que permitirá que venha a ser representada em um mapa, conforme pode ser observado na figura 3.7.

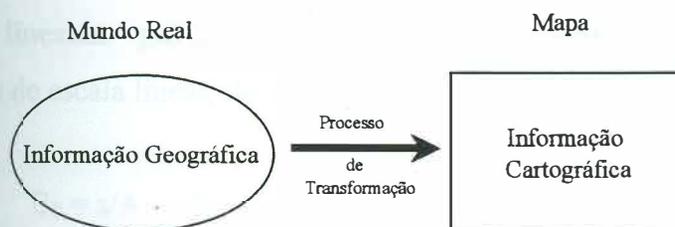


Figura 3.7 – Esquema representativo da transformação da informação geográfica em cartográfica

As transformações a que as informações geográficas são submetidas, possuem natureza diferenciada, porém todas são inter-relacionadas. São elas:

- Transformações geométricas;
- Transformações projetivas;
- Transformações cognitivas.

As transformações geométricas são caracterizadas por um relacionamento de escala e orientação entre sistemas de referência. As projetivas referem-se às transformações da superfície tridimensional curva da Terra, para a superfície de representação de um mapa, bidimensional plana. As transformações cognitivas, por fim referem-se às transformações do conhecimento da informação, em relação ao que será efetivamente representado no mapa, generalização cartográfica e simbolização cartográfica.

3.7 TRANSFORMAÇÕES GEOMÉTRICAS

3.7.1 O Conceito de escala

A escala é a primeira transformação, a que a informação geográfica é submetida, no seu caminho para a informação cartográfica. O conceito de escala em termos cartográficos é essencial para qualquer tipo de representação espacial, traduzido por uma grande importância, uma vez que todo documento cartográfico será afetado por sua *transformação*, no mínimo segundo uma redução do mundo real.

Genericamente pode ser definido de uma forma bem simples, como a relação entre a dimensão representada do objeto e a sua dimensão real. É portanto uma razão adimensional entre as unidades da representação e do seu tamanho real (ROBINSON, 1995; MAHLING, 1993; KRAAK & ORMELING, 1996).

Em termos lineares, planares ou volumétricos, dispõe-se então das relações adimensionais de escala linear, de área e de volume:

$$E_L = d/D \quad E_P = a/A \quad E_V = v/V$$

Sendo d a medida linear da representação, D a medida linear real; a a medida de área planar da representação, A a medida planar real; v a medida de volume da representação e V a medida de volume real.

O inverso da relação de escala D/d , denomina-se número da escala (N), podendo então a representação numérica da escala ser estabelecida pela relação

$$E = 1/N \text{ ou } 1:N \text{ ou } 1/N$$

3.8 TRANSFORMAÇÕES PROJETIVAS - PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS

Define-se projeções cartográficas como qualquer disposição sistemática de paralelos e meridianos, representando a superfície curva da esfera ou elipsóide, sobre um plano (MAHLING, 1993). Verifica-se portanto, que se trata de uma transformação da representação de uma superfície tridimensional curva para uma superfície bidimensional plana. Esta é a transformação projetiva a que a informação geográfica é submetida. Impropriamente encontram-se referências denominando as projeções como sistemas de projeções. A figura 3.8 mostra esquematicamente a transformação projetiva.



Figura 3.8 – Transformação projetiva

Tratando-se de uma representação plana, qualquer ponto pode ser representado por um par de coordenadas cartesianas (x, y) ou polares (r, θ). Dessa forma, a transformação envolve uma função, relacionando as coordenadas geográficas ou geodésicas (φ, λ) com as coordenadas bidimensionais planas mencionadas.

As funções projetivas são biunívocas, ou seja a cada ponto da superfície terrestre corresponde a um único ponto na representação e vice-versa. É feita exceção aos pontos singulares de algumas projeções, que não terão representação e pontos que tenham dupla representação, por razões particulares, como por exemplo, ocorrendo uma representação duplicada de um mesmo paralelo ou meridiano.

As principais Projeções Cartográficas utilizadas no Brasil podem ser analisadas através da tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Principais Projeções Cartográficas Utilizadas no Brasil

Projeção	Aplicação
Mercator	Cartografia Náutica
Cônica Conforme de Lambert	Cartografia Aeronáutica Carta Internacional do Mundo (CIM)
Policônica	Séries 1: 5 000 000 e 1: 2 500 000 IBGE Mapas Estaduais e Regionais
UTM – Universal Transversa de Mercator	Cartografia sistemática Bases Estaduais e Municipais – Cadastro rural e urbano
Cônica de Albers	Projeto SIVAM
Platte Carré	Projetos digitais - Geoprocessamento

3.9 TRANSFORMAÇÕES COGNITIVAS

As transformações cognitivas, são as sofridas pelas informações geográficas, para que possam, tanto serem representadas cartograficamente, como também serem reconhecidas como a informação existente no mundo real, no processo de decodificação do mapa pelo usuário.

Para o processo cartográfico, as duas transformações cognitivas mais importantes são a generalização e a simbolização. Estas transformações realizam uma adaptação da informação geográfica, selecionando, eliminando o que não for importante representar, classificando a informação e representando-a por uma simbologia apropriada, de forma adequada aos objetivos propostos para o mapeamento. Esta adequação é elaborada de acordo com o tema representado, características da área geográfica, natureza das informações disponíveis e escala do mapeamento.

3.9.1 Generalização Cartográfica

Segundo a Associação Cartográfica Internacional, a generalização é um processo de representação selecionada e simplificada de detalhes apropriados à escala e/ou aos objetivos do mapa (ACI, 1992). De uma maneira mais abrangente, pode ser vista como o processo que através da seleção, classificação, esquematização e harmonização, reconstitui a realidade da distribuição espacial que se deseja representar (ROBINSON, 1995).

O processo de generalização é essencial tanto para a cartografia de base, como para a cartografia temática, pois tem como objetivo principal a elaboração de mapas, cujas informações possuam clareza gráfica suficiente para o estabelecimento da comunicação cartográfica desejada, em outras palavras, a legibilidade do mapa. O processo manual da generalização é inteiramente subjetivo e dependente do conhecimento cartográfico e geográfico do responsável pelo trabalho (VIANNA, 1997), enquanto que o processo automático esbarra na especificação de tarefas e padrões de trabalho, que tornem objetiva a subjetividade imposta pelo processo manual.

A transformação de escala é a operação mais relevante para a imposição da generalização. Como toda operação de mapeamento implica em transformação de escala, fica também implícito o processo de generalização para todo e qualquer processo de mapeamento. Um mapa sempre representa uma informação geográfica em uma escala menor do que a real.

A generalização é função dos seguintes fatores: finalidade da carta, do tema representado, da escala, das características da região representada e da natureza das informações disponíveis sobre a região (ROBINSON, 1995; KRAAK & ORMELING, 1996; JONES, 1997)

Os processos de generalização são bastante divergentes de autor para autor. Alguns coincidem em conceito, porém não existe essencialmente um consenso unificado para definir a generalização.

Distinguem-se dois tipos de generalização, a generalização gráfica e a conceitual. A diferença entre as duas é relacionada aos métodos do processo de generalização. A generalização gráfica não afeta a simbologia, ou seja a representação geométrica de uma informação continua a ser a mesma, pontos permanecem como pontos, linhas continuam como linhas e áreas como áreas. Já a generalização conceitual por sua vez pode afetar a simbologia do elemento generalizado (JONES, 1997).

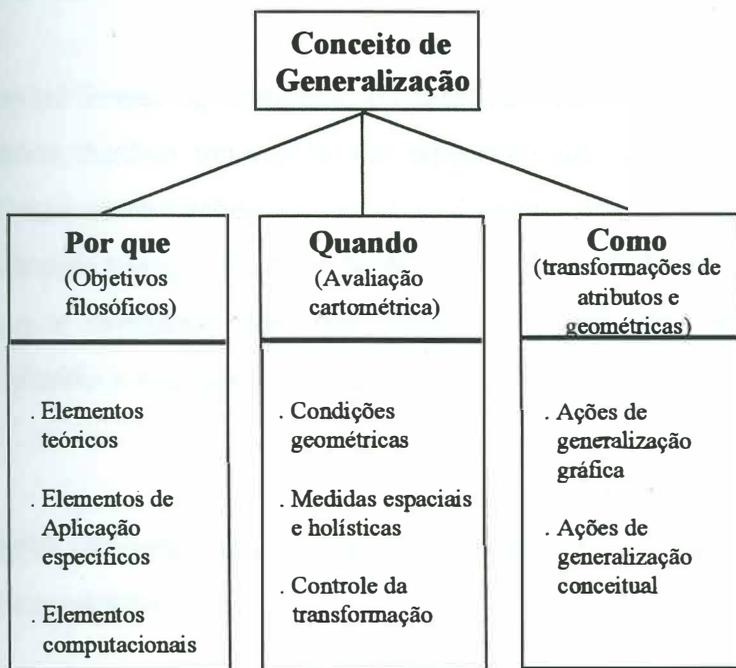


Figura 3.9 Esquema conceitual da generalização (Adaptado de JONES (1997))

Toda generalização deve seguir princípios bem definidos, para que não se perca qualidade, clareza e precisão do documento cartográfico. A figura 3.9 apresenta o

modelo conceitual de generalização, caracterizando o *por quê*, o *quando* e o *como aplicar* a generalização. A generalização de atributos, especialmente a simbolização e a classificação são geradas através de aplicações de mapeamento estatístico.

3.9.2 Simbolização

A simbolização ou a definição dos símbolos e convenções cartográficas que representarão as informações geográficas em um mapa ou carta, é a última das transformações cognitivas aplicada.

Um mapa fornece uma visão global de uma área geográfica, facilitando a sua memorização, uma vez que é, com as limitações inerentes, uma imagem generalizada do terreno. Caracteriza-se portanto um mapa, com uma linguagem peculiar de comunicação. Como qualquer linguagem, especificamente uma linguagem gráfica, utiliza-se de símbolos para poder traduzir uma idéia ou representar um determinado fenômeno. Assim, pela associação de símbolos, chega-se a analogia da representação (ROBINSON, 1995; MENEZES, 1996).

Existem diversas formas de simbolizar ou codificar dados geográficos, seus conceitos e relacionamentos. Atribuir um significado específico aos vários tipos de símbolos, suas variações e suas combinações, é apenas o primeiro dos dois passos de um projeto gráfico. O segundo passo é dispor os símbolos e códigos de forma que o usuário os veja de forma que o cartógrafo quer que sejam vistos, ou seja, pela atribuição de um significado próprio e pela disposição e apresentação da simbologia adotada (BERTIN, 1983).

As informações cartográficas possuem características que podem ser assumidas como qualitativas ou quantitativas.

Informação qualitativa é a que apresenta a sua tipificação, ou seja, a sua qualificação. Por exemplo, uma igreja, uma estrada, um rio, uma área de vegetação, uma ocorrência de determinado tipo de solo, um tipo específico de cobertura vegetal. A simbologia adotada irá apenas qualificar o tipo de ocorrência, juntamente com o seu

posicionamento geográfico, sendo estes os seus principais atributos. Não existe associação com nenhum tipo de hierarquização ou quantificação de valores.

Já as informações quantitativas são caracterizadas por representar um valor mensurável para o fenômeno ou à sua ocorrência. Podem também, sem valorar, dar uma idéia de hierarquia ou de priorização de elementos, ou podem associar valores quantificáveis para a representação do fenômeno.

O objetivo de um mapa de base é exibir uma variedade de informações cartográficas e nenhuma variável deve ser mais importante que outra. Um mapa temático por sua vez, tem interesse principal em apresentar a forma geral ou a estrutura de uma dada distribuição espacial ou combinação delas, privilegiando ou realçando-as no ambiente do mapa. O relacionamento estrutural de dada parte com o todo é que terá uma maior importância. É uma espécie de ensaio gráfico relacionado com as variações espaciais e relacionamentos com algumas distribuição espacial.

As escalas de observação (neste caso, o termo escala refere-se à forma de associação às informações qualitativas e quantitativas e não ao conceito clássico espacial de razão de escala), são denominadas como: **nominais, ordinais, intervalos e razão** (ROBINSON, 1995), conforme pode ser observado na figura 3.10.

A escala nominal traduz as informações qualitativas, possuindo portanto todas as suas características. A escala ordinal associa-se às distribuições quantitativas que não valoradas, definidas por uma hierarquização de importância ou priorização apropriada. As escalas de intervalo e razão associam-se às informações quantitativas valoradas, sendo as de intervalo traduzidas por valores dentro de uma faixa contínua de ocorrência e a de razão, representadas por valores obtidos de associações ou relacionamentos entre dois ou mais elementos.

Existe uma variedade ilimitada de dados espaciais que podem ser mapeados e todos devem ser representados por símbolos. De forma a considerar as maneiras pelas quais os sinais convencionais (ou convenções) podem ser empregadas, é útil classificá-las,

definindo-se 3 tipos de classes de símbolos, quanto às suas características gráficas: pontos; linhas; e áreas (CROMLEY, 1992; ROBINSON, 1985). Pode-se ainda estabelecer uma outra classe, definida por uma característica volumétrica (LAURINI & THOMPSON, 1992).

	Pontos	Linhas	Área
Nominal	<ul style="list-style-type: none"> • Cidade ✕ Mina † Igreja BM x Marca de Altitude 	<ul style="list-style-type: none"> Rio Estrada Graticula Limites 	<ul style="list-style-type: none"> Pântano Terras Áridas Floresta Setores Censitários
Ordinal	<ul style="list-style-type: none"> Grande Médio Pequeno 	<ul style="list-style-type: none"> Auto-estrada Federal Estadual Vicinal 	<ul style="list-style-type: none"> Maior Menor Fonte poluidora
Intervalo- Razão	<ul style="list-style-type: none"> Cada ponto vale 75 pessoas Valorados Unidimensional Valorados Bidimensional Círculos, quadrados, triângulos etc 	<ul style="list-style-type: none"> Repetição Isarritmas Valorados Hachuras Fluxos 	<ul style="list-style-type: none"> Coropletas Isopletas

Figura 3.10 - Escalas de observação (ROBINSON, 1995)

3.9.3 Elementos Gráficos Primários

Para a representação da informação cartográfica, dispõe-se dos símbolos, que são traduzidos pela visualização e diferenciados portanto, por serem variáveis visuais (BERTIN, 1983). Assim define-se como elementos gráficos primários, as variáveis visuais de diferenciação dos símbolos: cor; valor; forma, tamanho, orientação, espaçamento e posição geográfica (BERTIN, 1983; ROBINSON, 1995). A figura 3.11 mostra os diversos elementos gráficos primários, segundo a semiologia gráfica de BERTIN (1983).

Variáveis Gráficas

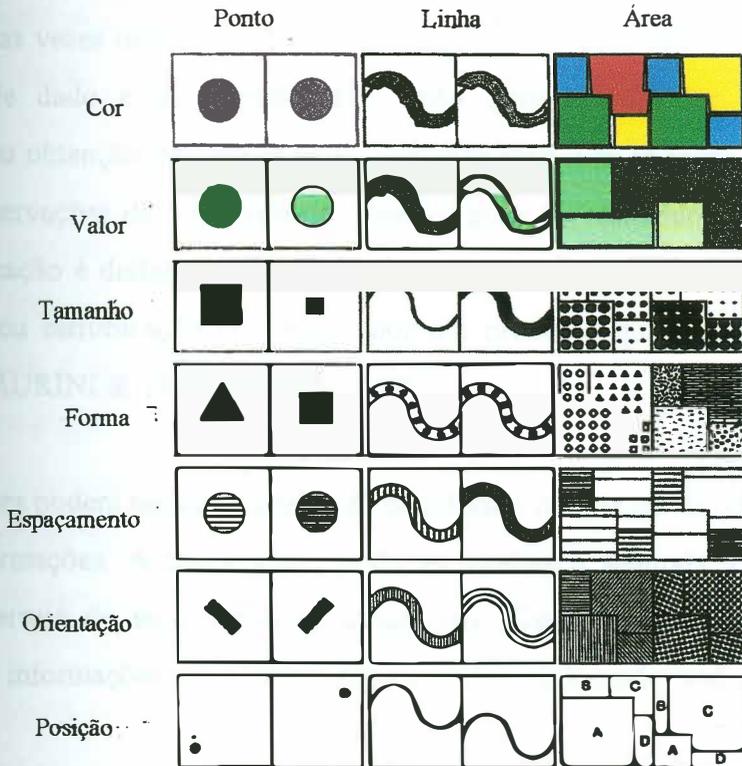


Figura 3.11 - Elementos gráficos primários (BERTIN, 1983; ROBINSON, 1985)

Cor e valor são duas variáveis interligadas. A cor traduz fenômenos quantitativos quando é usada apenas uma cor e seus vários matizes. Cores diferentes vão expressar fenômenos qualitativos. A forma é uma variável ilimitada. É uma característica gráfica definida pela aparência e qualitativa. A variável tamanho fornece uma informação quantitativa sobre a ocorrência do fenômeno. Pode excepcionalmente representar idéias qualitativas. A orientação refere-se à disposição direcional dada à variável. O espaçamento é caracterizado por uma definição de arranjo de outros componentes. A posição define a localização no campo visual. O plano do mapa é geralmente aplicado apenas aos componentes que podem ser movidos, tais como títulos, legendas e toponímia. A posição da maior parte dos símbolos e convenções são prescritas pela ordenação geográfica dos dados e são suscetíveis de alteração, apenas por mudanças de projeção ou deslocamentos dentro da área do mapa, para melhorar a legibilidade.

4 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICA

4.1 DADOS, INFORMAÇÃO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Embora muitas vezes usados de forma indistinta, existe uma diferença sensível entre o significado de dado e informação. Por dado deve-se entender como sendo uma observação ou obtenção de uma medida, sem que sirva a propósitos pré-definidos. Por exemplo, observações de temperatura, pressão, grau de contaminação de um poluente etc. A informação é definida como o resultado de uma coleta de dados, ou através da organização ou estruturação dos dados por um processo qualquer (GOODCHILD *et alii*, 1991; LAURINI & THOMPSON, 1992).

As informações podem ser visualizadas de uma forma isolada ou de uma forma integrada a outras informações. A temperatura pode ser analisada segunda a integração com a pressão, cobertura do solo, latitude, altitude etc. Dessa forma, está se analisando a interação das informações entre si, ou seja, a análise está sendo realizada de uma forma sistêmica.

Um sistema é definido, como um conjunto de entidades reais ou abstratas, que possuem qualificadores ou atributos, entre os quais se estabelecem os relacionamentos existentes entre cada entidade. O sistema em si representa a disposição isolada de cada parte de um todo, os seus relacionamentos e as suas interações, como uma estrutura única (ANTENUCCI, 1991). O meio ambiente, em uma visão sistêmica, estabelece todas as interações e relacionamentos existentes entre os seus componentes geobiofísicos e culturais.

Juntando os conceitos de sistema e informação, um sistema de informação é um sistema, não necessariamente computacional, projetado para entrada, armazenamento, processamento e saída de informações.

Um sistema de informação tem por objetivo a geração de novas informações, para o planejamento e gerenciamento no apoio à decisões.

4.2 GEOPROCESSAMENTO E GEOMÁTICA

O impacto dos Sistemas de Informações Geográfica (SIG) é tamanho, que alguns autores e pesquisadores os colocam como sendo o próprio Geoprocessamento. No entanto, o Geoprocessamento pode ser conceituado como o tratamento da informação geográfica, podendo tanto ser executado de uma forma convencional como computacional.

Segundo esta abordagem, o trabalho com Geoprocessamento não envolve apenas a aplicação de SIG, mas qualquer forma de trabalho realizado com a informação geográfica. Assim, o sensoriamento remoto trabalha com técnicas de geoprocessamento, a própria Cartografia sob alguns aspectos pode também ser encarada como uma aplicação de geoprocessamento. SIG neste contexto é apresentado como a mais poderosa ferramenta de geoprocessamento, uma tecnologia inovadora de processamento da informação de características geográficas (LAURINI & THOMPSON, 1992).

As áreas do conhecimento que estão envolvidas com o geoprocessamento são as seguintes, entre outras:

- Áreas que desenvolvem conceitos para o relacionamento do espaço: ciências cognitivas, geografia, lingüística, psicologia (no seu aspecto comportamental);
- Campos que desenvolvem ferramentas práticas e instrumentos para obtenção ou trabalho com dados espaciais: Cartografia, Geodésia, Fotogrametria, Sensoriamento remoto, Topografia, etc.
- Campos que elaboram formalismos e teorias fundamentais ao trabalho com espaço e automação: Ciências Computacionais, Geometria, Informática, Inteligência artificial, Semiologia, Estatística, etc.
- Campos que fazem uso dos Sistemas de Informações Geográfica: todos aqueles que trabalham com a informação georreferenciada.
- Campos que provem orientação sobre informação: Direito, Economia.

O termo Geomática, surgido pela junção de geociências com informática (LAURINI & THOMPSON, 1992), procura hoje, não só a ligação entre essas duas áreas do conhecimento, mas também se intitular como o guarda-chuva que cobre todos os campos referidos. Neste aspecto a Geomática enquadra-se como o primeiro conceito de Geoprocessamento emitido.

4.3 DEFINIÇÃO E CONCEITO DE SIG

O termo Sistema de Informações Geográficas é aplicado a uma tecnologia computacional orientada geográfica ou espacialmente, através de sistemas integrados e a nova disciplina que levanta um grande interesse em uma extensa área de aplicações.

Definir SIG não é uma tarefa simples. É um campo emergente, relativamente novo, surgido há pouco mais de 30 anos. Teve, porém, uma taxa acelerada de desenvolvimento teórico, tecnológico e operacional, culminando com uma intensa atividade dos últimos 10 anos e cuja perspectiva e expectativa é continuamente crescente.

O campo de atuação dos SIGs é caracterizado por uma grande diversidade de aplicações. Os SIGs são sistemas integrativos que reúnem conceitos de áreas distintas como Botânica, Computação, Cartografia, Matemática, Zoologia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, Geoecologia e, evidentemente, a Geografia, entre outros.

Outra dificuldade que pode ser apontada para complicar a definição de SIG, deve-se a existência de diferentes formas de definir e classificar **objetos** e **assuntos**, sob a sua ótica. Uma outra razão ainda está no fato da discussão sobre o ponto central da atividade do SIG, ser o *hardware* e *software*, ou aplicação.

Algumas definições no entanto foram selecionadas e podem ser avaliadas:

- **“Um poderoso conjunto de ferramentas para aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real”.** (BURROUGH, 1986);

- “Um sistema de hardware, software e rotinas para apoiar a aquisição, manipulação, análise, modelagem e exibição de dados georreferenciados, visando a solução de problemas complexos de planejamento e gerenciamento”. (NGCIA, 1989).

Algumas das definições são genéricas, cobrindo um largo espectro de assuntos e atividades, entretanto todos têm pelo menos dois pontos comuns: são sistemas que manipulam informações geográficas e realizam análise espacial.

Em relação ainda às definições de SIG, CASTRO (2000), apresenta uma comparação filosófica entre o SIG e o *sig* – sintetizador de ilusões geográficas, discutindo os fundamentos da tecnologia e sua filosofia de concepção e aplicação.

Os termos espacial e geográfico são freqüentemente utilizados como sinônimos. Procurando estabelecer uma diferenciação entre eles, o termo espacial está vinculado a qualquer tipo de posicionamento, tanto de engenharia, sensores remotos ou cartográfico. O termo geográfico, por outro lado, refere-se apenas a dados de informação sobre a superfície terrestre, ou próximos à ela, em uma escala do mundo real e no espaço físico do mundo real. O relacionamento existente entre SIG, CAD (*Computer Aided Design*), sensoriamento remoto (SR), cartografia digital (CD) e sistemas de gerenciamento de banco de dados (SGBD) é importante para se estabelecer o seu conceito e definição. A figura 4.1 mostra esquematicamente o relacionamento entre as áreas citadas.

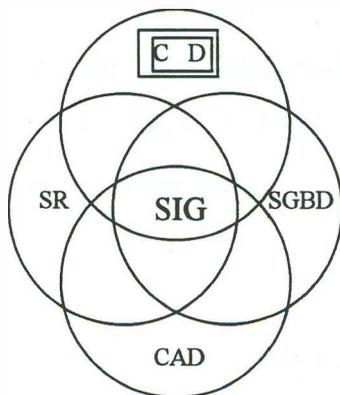


Figura 4.1 - Interação e relacionamento entre tecnologias e SIG

4.4 COMPONENTES DOS SIG

Os Sistemas de Informações Geográficas compreendem quatro componentes básicos (BURROUGH & MACDONNEL, 1998):

- hardware;
- software;
- base de dados;
- ambiente operacional.

4.4.1 Hardware

O hardware pode ser qualquer tipo de plataforma computacional para o suporte do sistema, desde um modesto PC, estações de trabalho de alta performance, minicomputadores, até *mainframes*.

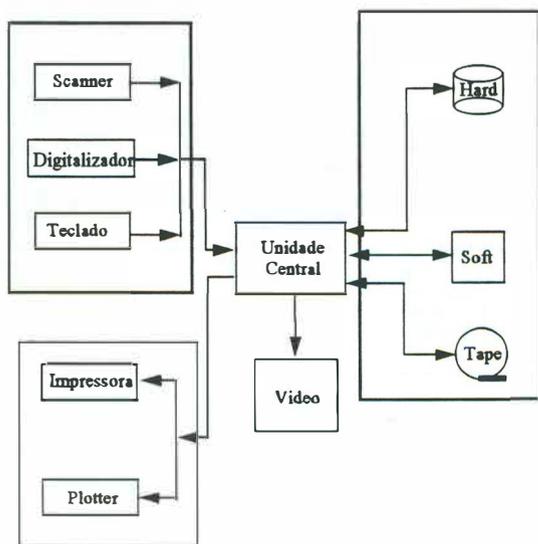


Figura 4.2 - Componentes de Hardware

Esta plataforma compõe a unidade de processamento. Ligada a ela, encontram-se os periféricos de entrada, armazenamento, exibição e saída. A figura 4.2 mostra esquematicamente os componentes de hardware.

4.4.2 Software

Os componentes de software consistem dos módulos de manipulação da informação, que interligam os periféricos do hardware, permitindo que sejam realizadas as operações que o sistema se propõe a fazer.

Basicamente são definidos os seguintes módulos:

- entrada de dados;
- armazenamento e gerenciamento da base de dados;
- interação;
- transformação;
- exibição e saída de dados.

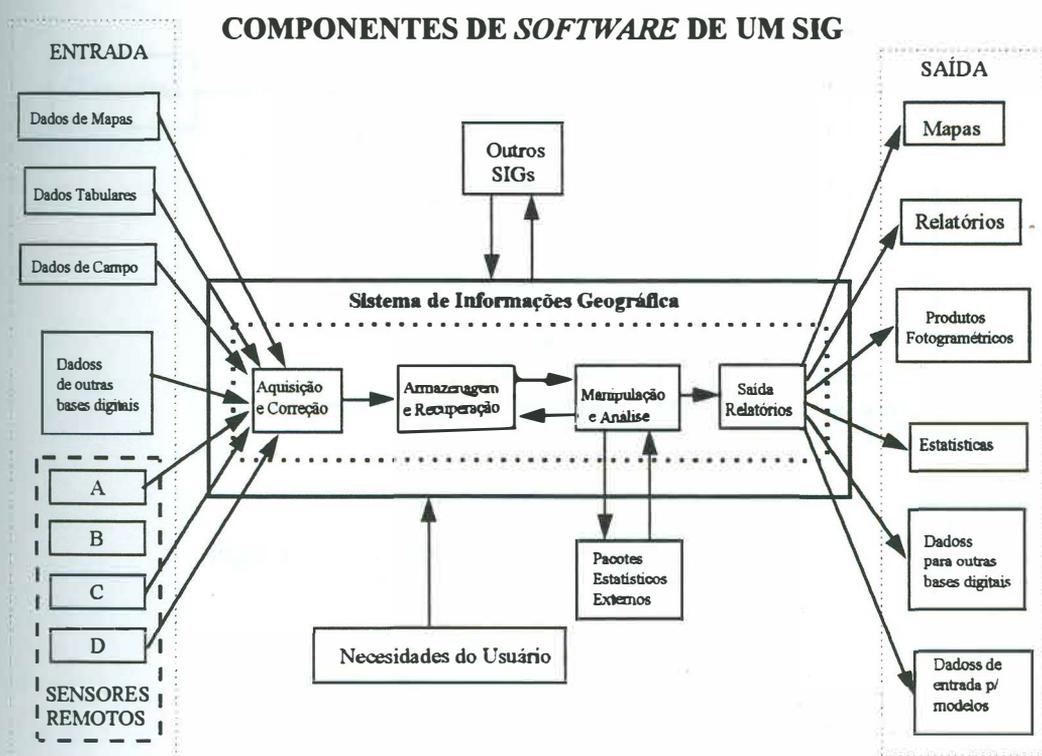


Figura 4.3 - Componentes de software de um SIG

A figura 4.3 apresenta estes módulos, com o fluxo de informação desde a sua entrada até a saída. As operações realizadas pelos módulos de armazenamento, transformação e interação, são mais internas ao sistema, levadas a efeito em operações normalmente efetuadas pela unidade de processamento e os meios de armazenamento..

A entrada de dados cobre todos os aspectos de transformação dos dados, captados na forma de mapas, dados tabulares, observações de campo, dados oriundos de outras bases digitais e sensores remotos (fotos aéreas, imagens de satélites e outros instrumentos de registro), para uma forma digital compatível e reconhecida pelo sistema.

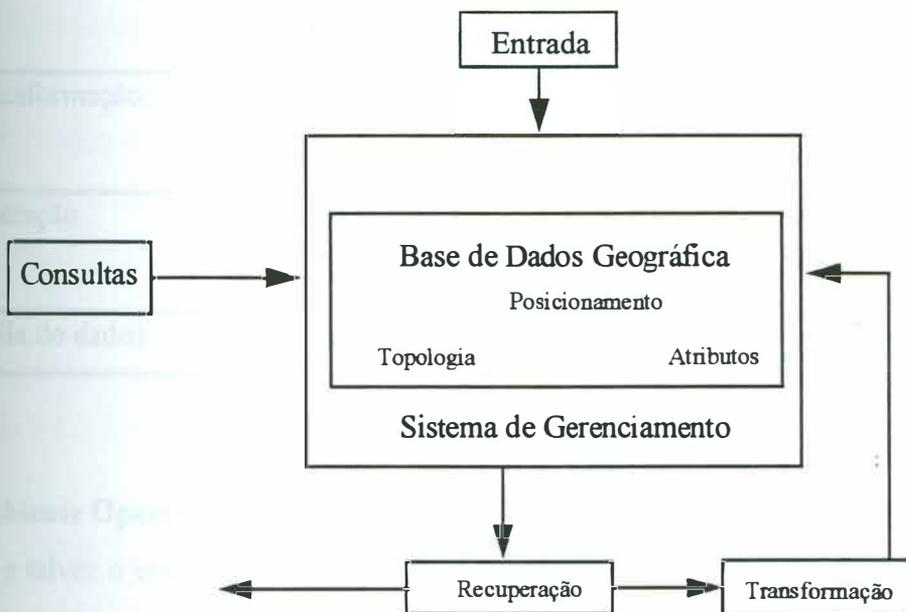


Figura 4.4 - Base de dados geográfica

4.4.3 Base de Dados

Os dados são elementos essenciais em um SIG. Simplesmente sem uma base de dados que suporte a aplicação do emprego do SIG, não haverá nenhum tipo de resposta, nem a geração de qualquer informação. A figura 4.4 mostra esquematicamente os componentes da base de dados de um SIG e os módulos de trabalho. A tabela 4.1 apresenta estes módulos e suas funções.

Tabela 4.1 - Componentes e funções dos módulos da base de dados

Módulo	Função
armazenamento e gerenciamento	estruturar e organizar os dados de acordo com a posição geográfica, inter-relacionamentos e atributos das informações geográficas
transformação	correção dos dados e aplicação dos métodos de análise sobre os dados,
interação	caracterizam a forma como o usuário se comunica com o sistema
saída de dados	a exibição dos resultados de análise e relatórios

4.4.4 Ambiente Operacional

O último e talvez o componente mais significativo do SIG é o seu ambiente operacional. Para ser utilizado eficazmente o SIG necessita de ser colocado em um contexto operacional apropriado.

A aquisição pura e simples de um sistema, não significa que irá funcionar, ou se funcionar, não o será de forma eficaz. A falta de pessoal treinado adequadamente tem sido um dos principais problemas da implantação de Sistemas de Informações Geográfica. Por outro lado, a imposição de sistemas, mal dimensionados ou inadequados por um nível de gerência que não possui conhecimentos para tal, culminando com cobranças aos escalões operacionais, que por sua vez não possui condições técnicas de cumprir as exigências e necessidades, são alguns dos fatores de insucesso na implantação de um SIG.

Deve ser criada uma metodologia de implantação do sistema, alinhando-se os problemas da necessidade, escolha do sistema, custo de implantação, treinamento de pessoal, custo operacional, tempo de implantação, etc. O aspecto tempo de implantação é crítico em muitos casos, uma vez que pessoal não especializado, mesmo a nível de chefia efetua

cobranças em relação ao funcionamento do sistema. O tempo médio de implantação de um SIG de aplicação urbano-cadastral, por exemplo, gira em torno de quatro anos (BURROUGH & MACDONNEL, 1998).

4.5 CARACTERÍSTICAS E TIPOS DE DADOS GEOGRÁFICOS

A informação geográfica é definida pelo conjunto de dados físicos, sociais, biológicos, econômicos etc, que tem uma associação ou relação com um posicionamento sobre a superfície terrestre (LAURINI & THOMPSON, 1992). Assim um dado ou uma informação geográfica pode também definir um dado ou uma informação geocológica, pois seus elementos de composição são exatamente os mesmos.

Os atributos básicos dos dados geográficos e suas características podem ser apreciadas nas tabelas 4.2 e 4.3 (ANTENUCCI, 1991; LAURINI & THOMPSON, 1992).

Tabela 4.2 - Atributos gerais dos dados e informações geográficas

Atributos	Conceito
espacial	Refere-se ao posicionamento, forma e relações geométricas entre as entidades espaciais
descritivo	Atributos que qualificam a entidade geográfica
temporal	Época de ocorrência do fenômeno geográfico

Tabela 4.3 - Características gerais dos dados e informações geográficas

Característica	Significado
Localização	Atributo de posicionamento na superfície terrestre
Volume de dados	Volume de dados geográficos comparativamente maior do que um banco de dado convencional, devido ao atributo espacial
Dimensionalidade	geometria: classes de pontos, linhas e áreas. escalas de observação
Continuidade	Continuidade e descontinuidade da informação

É importante a compreensão das propriedades dos objetos geográficos, por permitir uma geocodificação mais eficaz, o uso correto das estruturas de dados cartográficos e facilitar o uso das transformações de dados cartográficos (CLARKE, 1995). As propriedades são as seguintes, exemplificadas na figura 4.5:

- tamanho;
- distribuição;
- padrão e orientação;
- vizinhança;
- contiguidade;
- forma;
- escala.

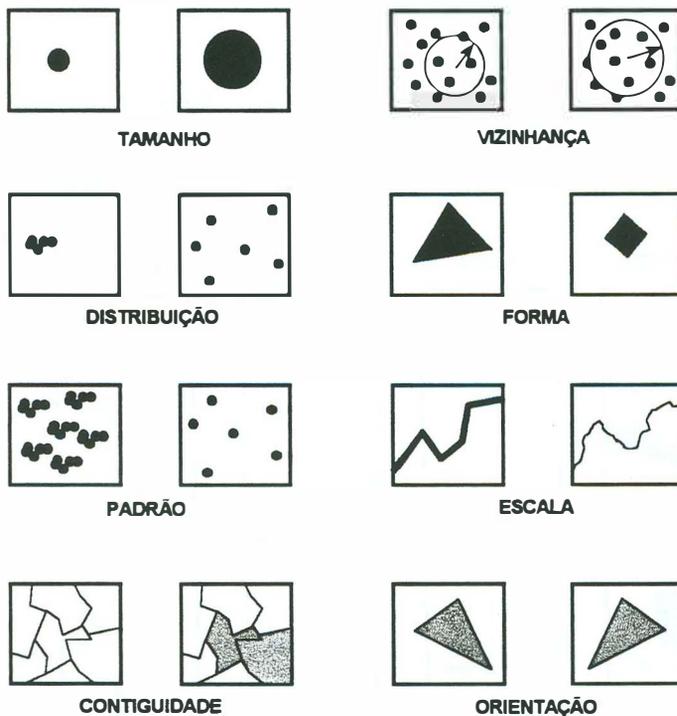


Fig. 4.5 - Propriedades dos objetos geográficos

4.6 DADOS E INFORMAÇÕES GRÁFICAS

Os dados e informações gráficas podem ser descritas através de sua dimensionalidade, conforme a classificação abaixo: (CROMLEY, 1992).

- **0 dimensionais**, definida por elementos pontuais. É uma entidade primitiva, não possuindo área, forma nem qualquer dimensão associada, a não ser a sua posição no espaço.
- **unidimensionais** definida por elementos lineares. Possui as propriedades de: comprimento, orientação e sinuosidade.
- **bidimensionais**, elementos planares ou de área. Propriedades inerentes: extensão, comprimento do perímetro, isolamento ou conectividade, superposição e identificação.
- **tridimensionais**, elementos volumétricos ou espaciais. Propriedades específicas: volume, área de cada componente bidimensional, comprimento dos perímetros, identificação, isolamento ou conectividade, perfis e seções transversais.

A figura 4.6 apresenta exemplos de objetos gráficos de acordo com a sua dimensionalidade.

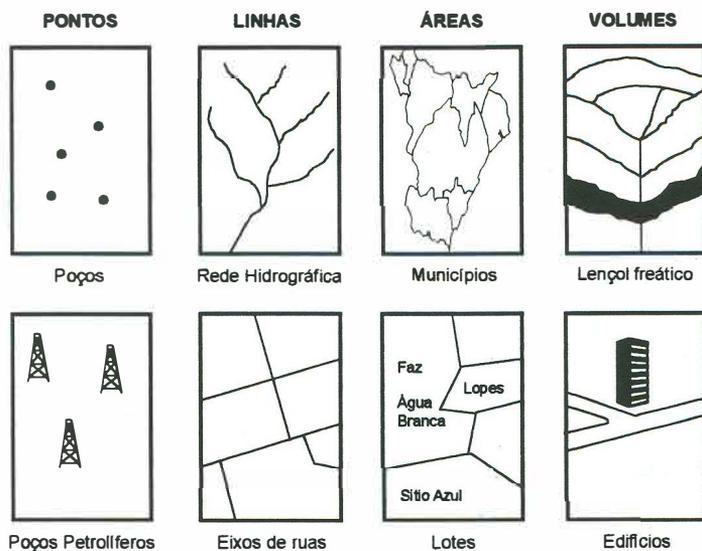


Figura 4.6 - Tipos de unidades espaciais ou geográficas (LAURINI & THOMPSON, 1992).

Alguns fenômenos naturais, físicos, biológicos e de natureza humana, podem ser claramente de natureza contínua, tais como:

- temperatura, pressão, salinidade, umidade do solo, declividade etc;
- os fenômenos sociais também são considerados contínuos em uma escala determinada, ou podem ser medidos por estatísticas, como por exemplo as variações da densidade populacional, níveis de consumo, etc.

De um modo geral, porém, os elementos de variação contínua são percebidos como elementos discretos, de três formas distintas:

- como pontos, linhas ou áreas amostrais;
- como isolinhas e zonas entre isolinhas (isopletas);
- como elementos conectados.

Uma amostragem cria um número reduzido de locações para representar o atributo do dado. Por exemplo: $\{x, y, z\}$ é um subconjunto para representar latitude, longitude e altitude. Para um fenômeno georreferenciado, o atributo z é substituído pela quantificação da ocorrência, por exemplo:

$\{x, y, temp.\} \rightarrow$ temperatura, conforme mostra a figura 4.7.

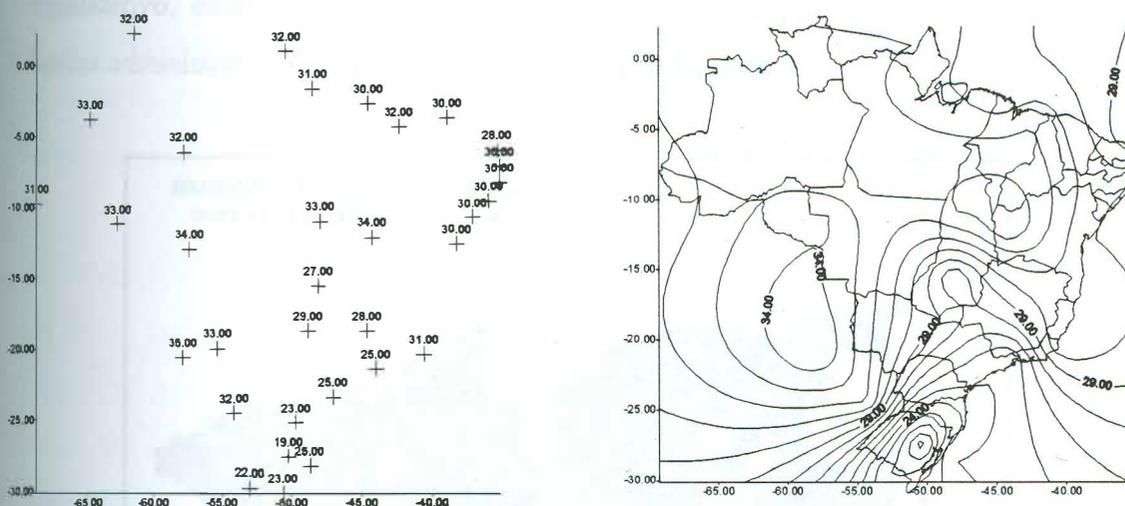


Figura 4.7 - Amostragem de temperatura e isotermas geradas. Adaptação de (LAURINI & THOMPSON, 1992) (Figura gerada no software SURFER 6.0)

A distribuição das posições geográficas e do seu valor do atributo mostra a discretização do fenômeno através de amostragem pontual. A quantidade de pontos representativos do

fenômeno é casuística, quanto maior o número de pontos amostrais, mais precisa será a representação do fenômeno. Porém a representação por pontos apenas discretiza a ocorrência contínua, não apresentando uma idéia do seu comportamento sobre a superfície de ocorrência. O processo de isolinhas ou isopletas permite interpolar linhas de igual valor ou zonas de igual ocorrência, permitindo a visualização da variação do fenômeno sobre o espaço (TYNER, 1992; ROBINSON, 1995), conforme a figura 4.8.

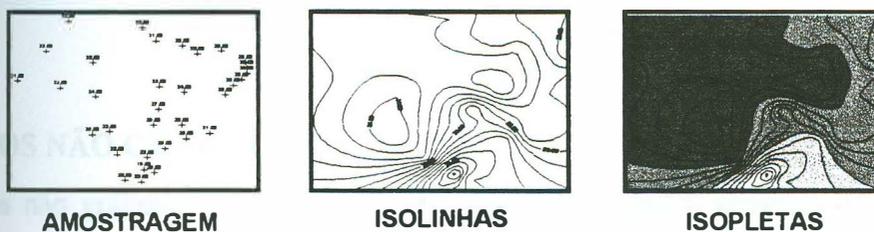


Figura 4.8 - Representação por amostragem, isolinhas e isopletas

A representação por elementos conectados é comum no mapeamento de solos, uso da terra e alguns fenômenos sociais. Consiste na delimitação da ocorrência do fenômeno por entidades poligonais ou de área. O mapeamento de coropletas é o exemplo mais significativo, onde a informação é confinada em limites pré-determinados, tais como limites administrativos, conforme pode ser visto na figura 4.9.

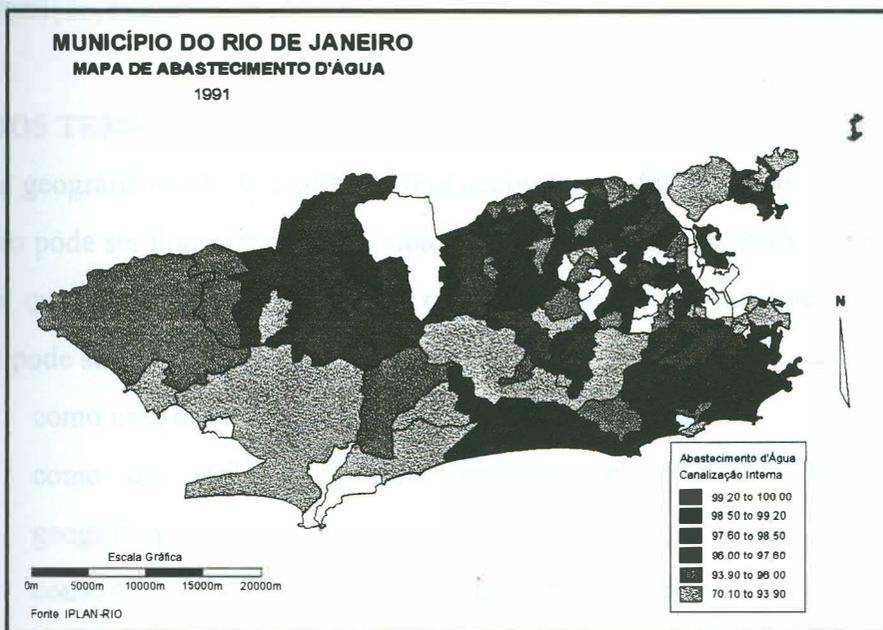


Figura 4.9 Mapa coroplético do Município do Rio de Janeiro

Este tipo de representação vem sendo questionado para a representação de certos fenômenos, pois estabelece o limite como uma descontinuidade entre uma área e outra, sem estabelecer uma zona de transição. Por outro lado existirá sempre uma propagação de erros, a medida que ocorrer uma diminuição de escala, podendo inclusive mascarar a informação. Em escala maiores a lógica nebulosa (*fuzzy*) permite estabelecer uma gradação de transição entre duas áreas adjacentes, melhorando sensivelmente a representação do fenômeno (MEIRELLES, 1997).

4.7 DADOS NÃO GRÁFICOS

Por dados não gráficos denomina-se os descritores dos dados geográficos, ou seja os seus atributos. Referem-se às características que permitirão identificar a entidade espacial em termos da sua qualificação e quantificação. Também pelos seus atributos será definida a forma de sua representação. São definidos por itens de informação e estatísticas relativas aos aspectos físicos, ambientais, sócio-econômicos etc, referentes ao dado.

Os atributos sócio-econômicos são dados sobre população, número de residências, casos de doenças, número de matrículas, distribuição de moradias, dados de distribuição de renda, produção, finanças, entre outros.

4.8 DADOS TEMPORAIS

Os dados geográficos não trabalham diretamente com o fator tempo. Esta informação, no entanto pode ser importante para a definição de determinados tipos de representação, como as que demonstram dinamismo ou evolução de um fenômeno. O elemento temporal pode ser incluído de diversas maneiras:

- como uma base para o registro de eventos ou atributos;
- como um atributo de uma entidade sem alteração das propriedades geográficas;
- como um quadro de observação das alterações das entidades espaciais.

A primeira forma permite a observação das características em intervalos de tempo (regulares ou irregulares). Camadas de informação temporal, à épocas diferentes, podem então ser associadas à informação. A figura 4.10 mostra a estruturação em camadas temporais.

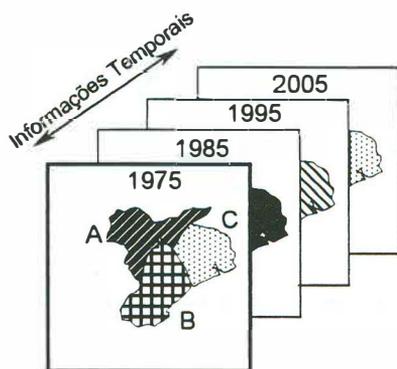


Figura 4.10 - Representações temporais (LAURINI & THOMPSON, 1992)

O segundo caso, consiste na datação simples da ocorrência do fenômeno, conforme a figura 4.11.

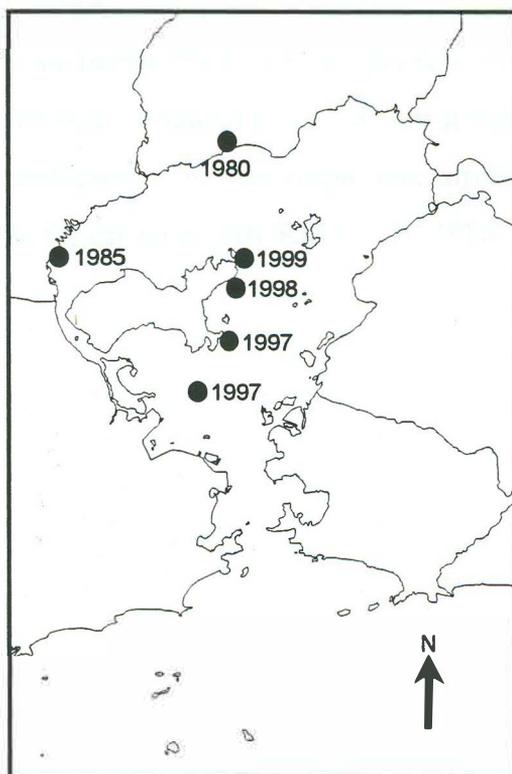


Figura 4.11 - Mapa de Acidentes Ambientais na Baía de Guanabara

No terceiro caso são observadas as alterações geométricas da ocorrência do fenômeno, como visto na figura 4.12.

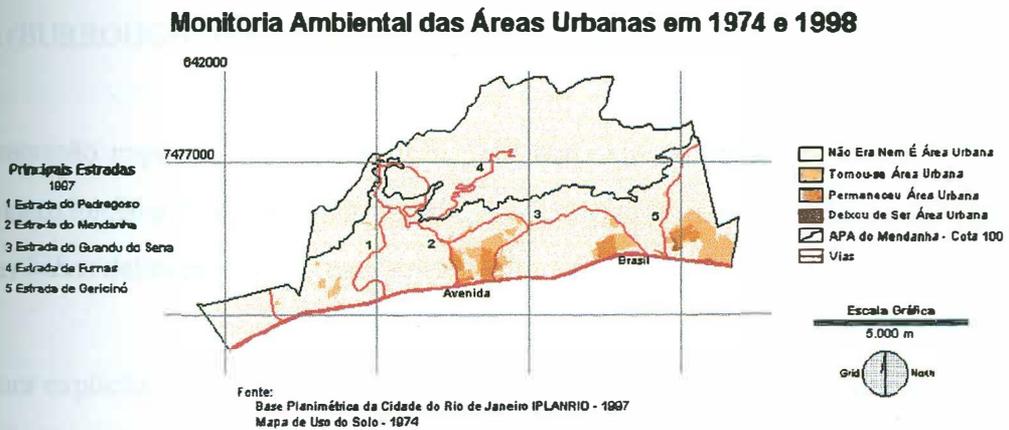


Figura 4.12 Evolução de área urbana em duas épocas (RAMALHO, 1999).

4.9 ESTRUTURAS DE REPRESENTAÇÃO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Um modelo de dados é conceituado como a abstração do mundo real, que incorpora apenas as propriedades mais relevantes para uma aplicação pré-definida (GOODCHILD *et alii*, 1991). A representação tradicional dos dados geográficos é a representação através de um modelo **análogo**, como um mapa, que fornece uma forma conveniente de armazenamento dos dados espaciais. (BURROUGH, 1986; MENEZES, 1987), figura 4.13.

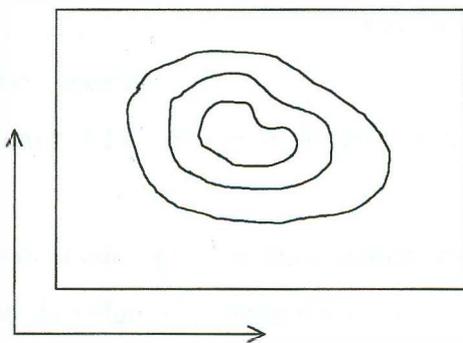
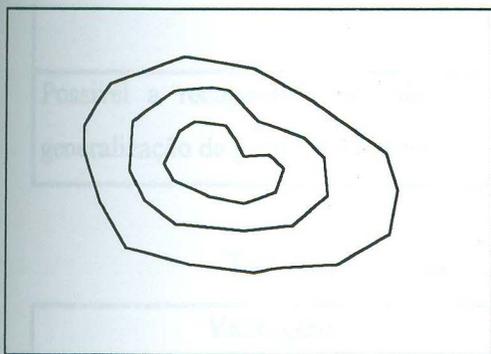


Figura 4.13 - Representação analógica

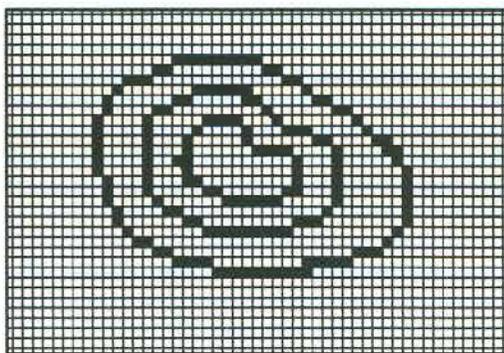
A representação analógica para ser apresentada na forma digital, necessita ser transformada segundo modelos de dados próprios para serem reconhecidos computacionalmente, sendo apresentados estes modelos, por uma forma implícita ou explícita (BURROUGH, 1986).

A representação implícita ou vetorial utiliza um conjunto de linhas, cada uma definida por um ponto inicial e final e alguma forma de conectividade entre eles. Os pontos inicial e final das linhas definem vetores, que representam a forma do mapa.

A estrutura explícita ou matricial, é definida pela divisão espacial em células, através de uma grade, normalmente regular. A representação é efetivada pela codificação de um atributo que é associado às células que definirão a forma do elemento. O atributo da informação não é exibido, e sim um atributo de cor ou escala de cinza. Essa estrutura é associada à imagens, sejam elas oriundas de sensores remotos ou de “*scanner*”. A figura 4.14 mostra as duas estruturas.



Implícita ou vetorial



Explícita ou matricial

Figura 4.14 – Modelos de representação gráfica

As células são denominadas pixel e cada célula só pode conter um único valor de atributo, na posição da célula i, j , onde i e j são os índices de localização de linhas e coluna da célula.

A diferença básica entre duas estruturas é o modelo de espaço adotado em cada uma. A estrutura vetorial adota o espaço geográfico contínuo e a estrutura matricial divide o espaço em elementos discretos.

Cada um dos modelos de dados apresentam vantagens e desvantagens quando utilizadas na representação da informação geográfica., As tabelas 4.4 e 4.5 apresentam as vantagens e desvantagens de uma e outra estrutura (BURROUGH, 1986; ARONOFF, 1989):

Tabela 4.4 – Vantagens e desvantagens do modelo vetorial

Vantagens	Desvantagens
Boa representação da estrutura de dados do fenômeno	Estruturas de dados complexas
Estrutura compacta	Dificuldades para associação híbrida vetorial e matricial;
Criação de topologia em rede	Dificuldade de simulação pela diversificação da topologia de cada forma;
Acuracidade gráfica;	análise espacial e filtragem em polígonos muito difícil
Possível a recuperação, atualização e generalização de gráficos e atributos.	

Tabela 4.5 – Vantagens e desvantagens do modelo matricial

Vantagens	Desvantagens
Estrutura de dados simples;	Grande volume de dados
Associação simples de camadas;	Perda de informação pelo aumento do tamanho das células (reamostragem);
Facilidade de aplicação da análise espacial;	Dificuldade de estabelecer união em rede.
Fácil assimilação pelo tamanho idêntico de cada unidade espacial.	

4.9.1 Estruturação em Camadas de Informação

O conceito de camada ou plano de informação (“*overlay*”) é decorrente da estrutura matricial, porém pode ser adotado para qualquer um dos modelos de dados, funcionando como uma forma de agrupar todas as informações de mesma característica em um único plano de informação (BURROUGH, 1986; ARONOFF, 1989; GOODCHILD *et alii*, 1991)

O mundo real é decomposto em níveis ou camadas, cada uma delas reunindo informações de um determinado tipo, que se unidas reconstituem a informação global. Podem, porém uma vez que estão estratificados separadamente, serem apresentados isoladamente ou combinados entre si, para mostrar apenas alguns aspectos da área, conforme pode ser visto na figura 4.15.

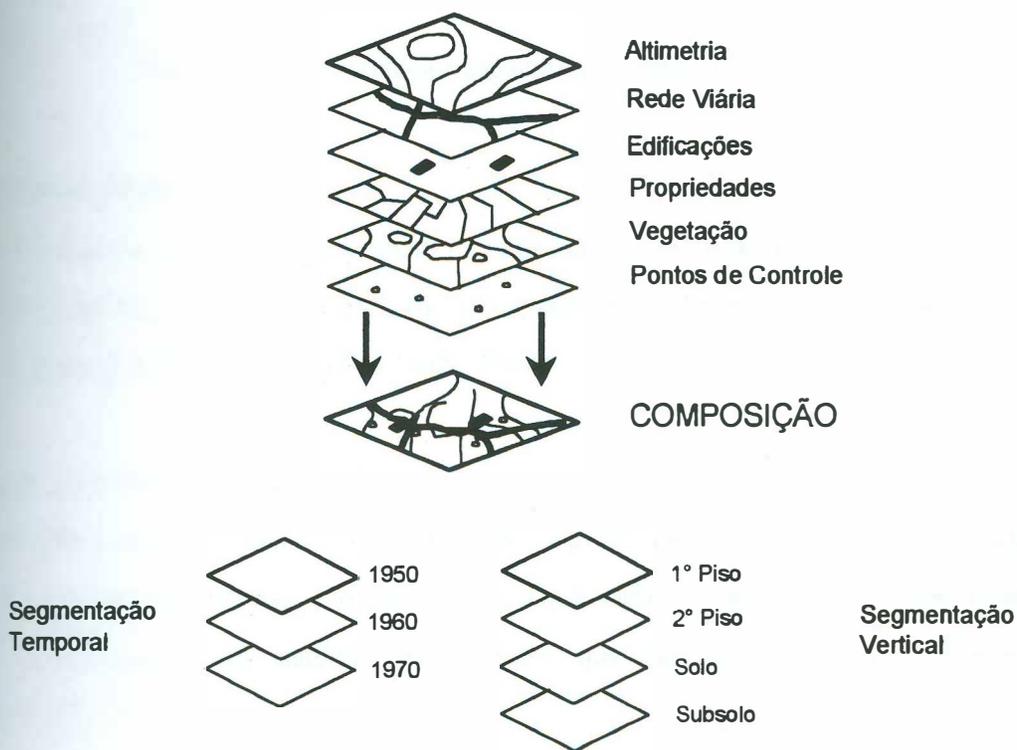


Figura 4.15 - Estrutura de Camadas

Para que esta estrutura seja eficaz há a necessidade de existir uma perfeita correlação espacial entre cada camada de informação, tanto no modelo vetorial como no matricial. Cada pixel em cada camada tem que corresponder exatamente à mesma área sobre a superfície terrestre, assim como cada coordenada no modelo vetorial. A figura 4.16 apresenta esta correlação no modelo matricial.

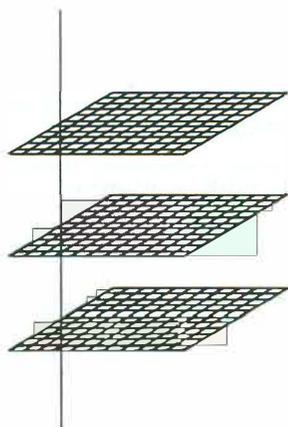


Figura 4.16 - Correlação espacial no modelo matricial

4.10 TOPOLOGIA

A topologia pode ser conceituada como os relacionamentos espaciais existentes entre as entidades gráficas, na representação, ou seja, pelas entidades geográficas expressas por linhas e áreas (LAURINI & THOMPSON, 1992).

Matematicamente a topologia é definida como o estudo das propriedades geométricas que permanecem invariantes sob deformações. Sob este aspecto, não importa no mundo real as coordenadas, formas e orientação, porque essas se alteram conforme estejam sendo submetidas à um sistema de projeção, que são processos de deformações (CROMLEY, 1992).

A topologia é definida essencialmente pelas propriedades de contiguidade, conectividade e vizinhança dos elementos gráficos, estabelecendo-se então, implícita ou explicitamente, os relacionamentos espaciais existentes entre as entidades, conforme pode ser analisado na tabela 4.6 e na figura 4.17.

É possível quando existe a topologia, executar-se as funções de análise e as consultas serem efetuadas de forma mais eficiente, como por exemplo a modelagem de fluxos, definição de rotas de menor caminho (caminho crítico), combinação de polígonos, determinação de vizinhança, recobrimento de diferentes entidades geográficas, etc.

Tabela 4.6 - Propriedades da topologia

Propriedade	Conceito
conectividade	permite a ligação de arcos através dos nós
contiguidade	permite a diferença de orientação aos arcos e em consequência a definição de lateralidade, direita, esquerda, acima e abaixo.
circunscividade	permite a conexão de arcos em polígono fechado, definindo uma área fechada, uma ilha ou um lago
orientação	que permite a orientação de fluxo de identificação dos atributos- <u>de - para</u>

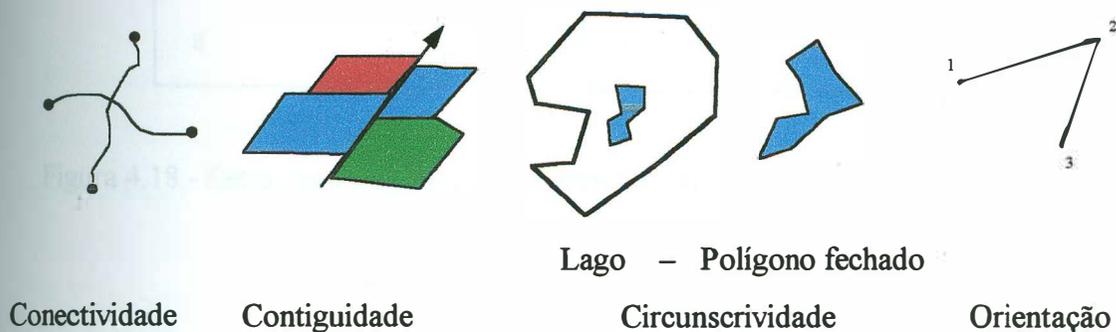


Figura 4.17 - Propriedades da topologia

Conforme for a complexidade da topologia gerada entre os elementos gráficos, também mais complexas poderão ser também as consultas, daí a importância do seu estabelecimento.

Toda a topologia baseia-se integralmente na teoria dos grafos, seja através de uma estruturação em redes, tais como uma rede hidrográfica, rede viária, abastecimento de água ou esgotos, como através de estruturação de área, cada uma delas considerando as propriedades que permitirão a definição dos relacionamentos entre cada entidade. A figura 4.18 mostra a contiguidade entre áreas (a), apresenta a propriedade de invariância da topologia (b) e (c) e em (d), mostra a propriedade de dualidade, onde cada área foi substituída por um ponto, mantendo-se a conectividade entre eles, mantêm-se também a topologia de área.

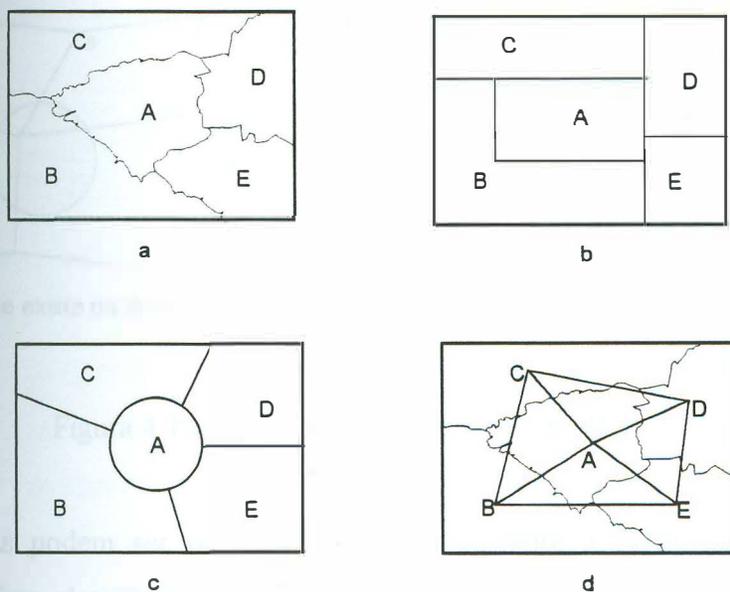
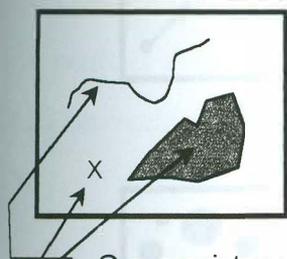


Figura 4.18 - Estruturações topológicas para uma área da Cidade do Rio de Janeiro

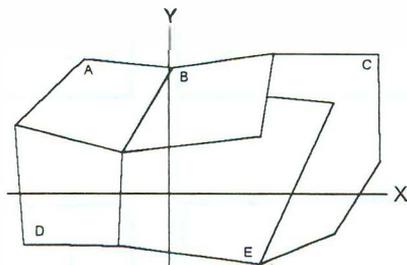
4.11 OBJETIVOS, CONSULTAS E TIPOS DE PROBLEMAS GEOGRÁFICOS

O conhecimento dos problemas que devem ser solucionados, sejam de ordem científica ou prática, é essencial para o projeto, avaliação, aquisição e emprego de um SIG. Um estudo específico deve gerar respostas específicas ao problema envolvido, através de ferramentas apropriadas.

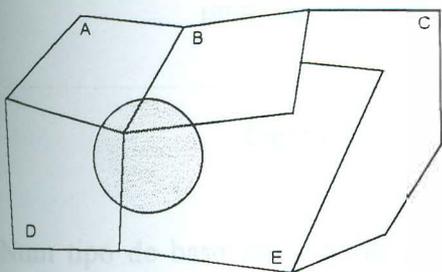
A figura 4.19 mostra alguns tipos de consultas geográficas que são apresentadas para a solução de problemas geográficos.



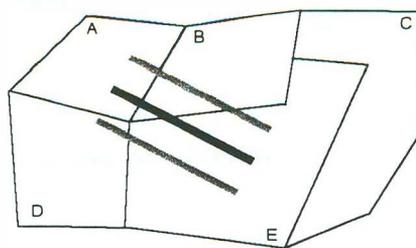
O que existe no ponto, linha ou área?



O que existe na interseção dos eixos



O que existe na área circular ?



O que há na área de influência da linha?

Figura 4.19 - Consultas possíveis em um SIG

Os problemas podem ser organizados semanticamente a partir de uma perspectiva geográfica. Uma classificação possível dos problemas geográficos, dentro da estrutura espacial é a seguinte (LAURINI & THOMPSON, 1992):

- movimentos de fluxo (fluxo migratório seja de população, massas de ar, poluição, relacionamentos, etc);
- redes (hidrográfica, estudo de bacias, de inter-relacionamentos);
- nós (cruzamento de elementos viários);
- hierarquias (ordenação de grandeza quantitativa em termos de funções diversas);
- campos ou superfícies (áreas de influência);
- difusão (doenças, idéias ou inovações no espaço).

A figura 4.20 apresenta a classificação de LAURINI & THOMPSON (1992).

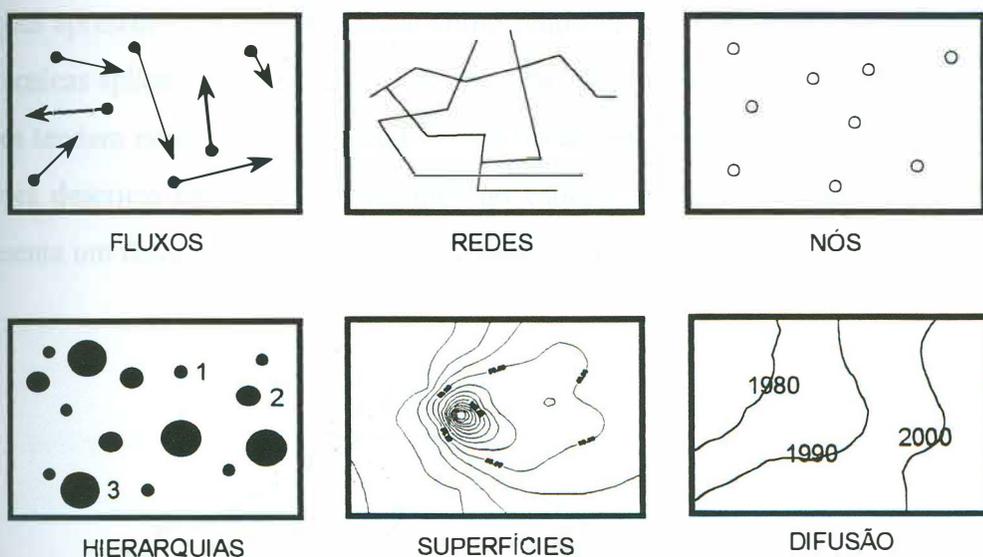


Figura 4.20 - Classificação dos problemas geográficos

Num tipo de base estruturada dessa forma, pode-se identificar algumas categorias de problemas bem definidos, tais como:

- os tipos de entidade envolvidas e suas combinações;
- as propriedades espaciais envolvidas;
- os elementos dados e os que não são encontrados;
- os objetivos a atingir.

Assim é possível associar o tipo de problema com as necessidades de informações e consultas que serão realizadas para a sua solução.

4.13 Análise Espacial

A análise espacial é a principal ferramenta que os SIG possuem para a manipulação da informação geográfica. Através da análise espacial é propiciada a integração do domínio cartográfico, análise estatística e matemática, bem como a modelagem, pelo estabelecimento de relacionamentos entre dados e fenômenos pertencentes à base de dados (CHOU, 1997)

Algumas definições apresentam a análise espacial como sendo os processos quantitativos (estatísticos) e técnicas aplicadas em trabalhos analíticos de localização (UNWIR, 1981). Já outros autores tendem para o lado do estudo e relacionamento entre pontos, linhas, áreas e superfícies descritos em mapas e definidos no espaço bi ou tridimensional. A figura 4.21 apresenta um fluxograma esquemático da análise espacial.

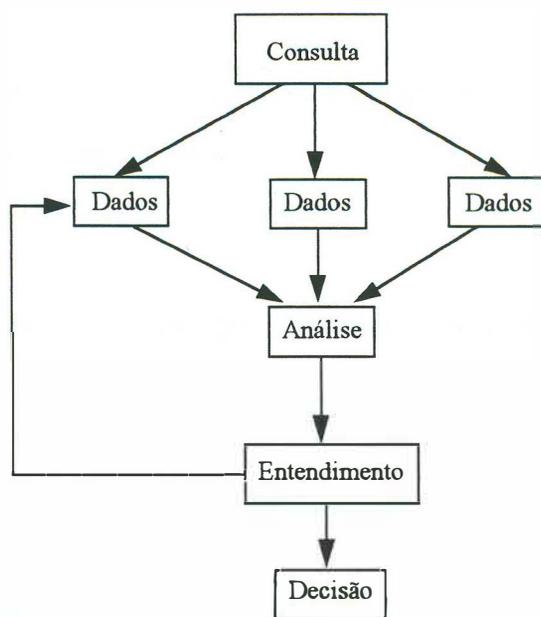


Figura 4.21 – Fluxograma esquemático da análise espacial

A análise estatística permite a descrição quantitativa das entidades geográficas individualmente, comparação, cruzamento, operações matemáticas e lógicas e identificação dos relacionamentos entre mapas ou planos de informação existentes.

A análise espacial está intimamente ligada ao tipo de consulta a que o sistema está submetido. De acordo com o tipo de consulta, serão relacionadas as informações e em consequência definido o tipo de análise que fornecerá a solução da consulta.

O mapa ou a representação gráfica da informação será sempre o ponto de partida e o ponto final na análise gerada pelo SIG. Isto resulta em uma série de consultas e

questionamentos que devem ser levados em conta por parte do usuário que esteja envolvido em um processo analítico. As seguintes questões têm obrigatoriamente que ser respondidas com precisão:

- qual o significado real do mapa na consulta especificada;
- por que uma ocorrência possui um determinado padrão;
- que elementos interagem para apresentar este padrão;
- qual o resultado de um vetor aplicado no padrão apresentado.

Estas questões podem, no entanto, ser reduzidas a apenas duas:

- descrição do padrão espacial e
- relacionamento do padrão espacial.

Na descrição do padrão espacial pode se utilizar diversas descrições estatísticas e numéricas, por exemplo:

- centróide e distância média ao vizinho mais próximo para pontos;
- correlação e regressão espacial por áreas;
- métodos estatísticos multivariados para atender a relacionamentos complexos de camadas;
- análise de redes e grafos espaciais para linhas, redes, etc.

Na definição dos relacionamentos dos padrões espaciais as questões serão um pouco mais complexas, pois o que se deseja esclarecer, transcende ao próprio padrão apresentado, como por exemplo, o porquê da existência de um determinado padrão, ou qual a correlação existente entre uma determinada variável e o relacionamento apresentado. A abordagem do problema envolve análise de fatores e métodos de regressão para determinação das associações e relacionamentos espaciais.

Para possibilitar a análise espacial, os SIG possuem um conjunto de procedimentos e ferramentas, que juntamente com funções primitivas de análise, sejam estatísticas ou matemáticas, fornecem a capacidade analítica ao sistema. Alguns procedimentos são listados abaixo:

- reclassificação e exibição;
- operações booleanas;
- operações nebulosas (lógica *fuzzy*);
- reconhecimento de padrões;
- modelador automático;
- definidor de relacionamentos;
- detectador de bordas.

Estas funções permitirão o tratamento das informações, gerando a definição de novos relacionamentos e padrões que permitirão dar uma solução à consulta formulada.

As operações booleanas por exemplo, tratam as entidades como conjuntos. Aplicando lógica booleana, permite resolver problemas de união, interseção, e/ou exclusivo, conforme pode ser visto na figura 4.22.

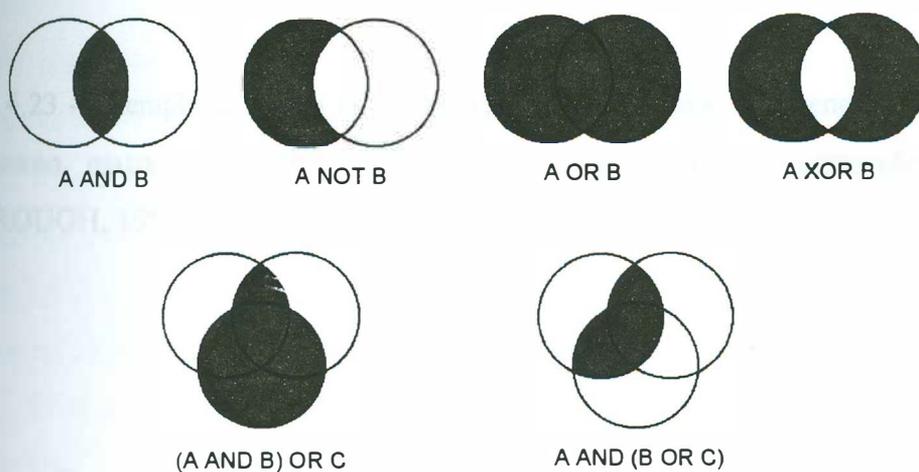


Figura 4.22 - Exemplos de operações booleanas

Por outro lado permitem realizar recobrimentos topológicos e gráficos, criando novos polígonos e novos relacionamentos.

Executam análise de vizinhança, determinando áreas de influência de pontos, linhas e áreas.

As funções de reclassificação e simplificação permitem a generalização automática de feições, podendo também ser associado à outras funções (detecção de bordas, modelador automático, operadores booleanos, e nebulosos entre outros). A figura 4.23 apresenta um exemplo de análise de solos e mapas derivados.

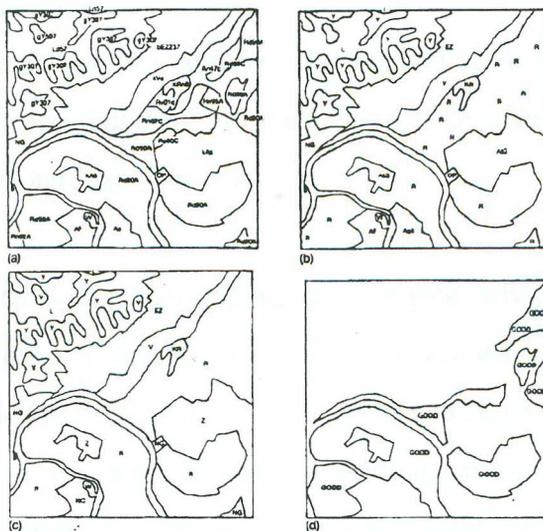


Figura 4.23 - Exemplo de mapa de solos (a) e seus derivados. (b) generalização inicial, (c) mesmo mapa melhorado, (d) mapa derivado após reclassificação booleana (BURROUGH, 1986).

5 CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA

5.1 CONCEITOS RELACIONADOS

A evolução e o crescimento da preocupação sobre os problemas de degradação do meio ambiente teve as suas repercussões sobre a Cartografia, no aspecto de definir e conceituar especificamente o tema e a forma de representação deste tema. Reportando-se à divisão da Cartografia Temática, apresentada no Capítulo 3, a sua preocupação está relacionada à forma de representação, se qualitativa ou de inventário, quantitativa ou analítica, ou de síntese ou agregação de temas.

A Cartografia Ambiental e a Cartografia Geoecológica envolvem a representação cartográfica de temas ligados à estas duas áreas do conhecimento humano. Praticamente desde a segunda metade da década de 70, um grande número de trabalhos têm sido apresentados, marcando a preocupação com a representação de temas voltados para o meio ambiente. A escola francesa, através de trabalhos desenvolvidos por JOURNAUX (1975, 1979), STEIMBERG & HUSSER (1988), HENIN & FOURNIER (1982), bem como os apresentados pelo CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) e mais recentemente pelo *Ministere de l'Environnement*, tem mostrado ser uma das mais ativas na área, procurando inclusive, criar novos conceitos e definições. Não pode deixar de ser citada também a escola soviética, a partir de meados da década de 80 (OZENDA, 1978; RYASHCHENKO, 1983; RUDENKO & BOCHKOVSKAYA, 1994b), devido principalmente aos graves acidentes ambientais, de causas nucleares, ocorridos na antiga URSS. No Brasil tem-se notado um crescimento dessas representações temáticas, a partir do final da década de 80 e início de 90, mas ainda, apenas em trabalhos isolados.

A primeira questão que pode ser levantada sobre estas representações, diz respeito a algumas confusões envolvendo seus conceitos e definições. Os trabalhos que eram apresentados como cartografia ambiental, na verdade envolviam, na sua grande maioria, a representação de uma temática ambiental e muitas vezes apenas ecológica. Isto pode ser visto por exemplo, através de mapas de uso do solo (STEIMBERG & HUSSER, 1988), expansão de desmatamento (INPE, 2000), mapa de uso do solo do Município do Rio de Janeiro (IPLAN-RIO, 1998), Mapa de Distribuição da Fauna em Extinção

(IBGE, 1989) e outros, tais como: mapas de sensibilidade à pressões, ocupação urbana, representações prognósticas e diagnósticas, que normalmente eram classificados indistintamente como Cartografia Ambiental.

Praticamente todas as referências encontradas apresentam conceitos abrangentes, nos quais pode-se enquadrar qualquer tipo de representação cartográfica, desde os de temática ecológica, até os que envolvem relacionamentos entre elementos da paisagem, como cartografia ambiental. Aparentemente tanto a Cartografia Ambiental como a Geoecológica possuem significados semelhantes. Um dos objetivos deste capítulo, entretanto, é apresentar uma visão dos elementos e conceitos que envolvem tanto uma como outra, procurando ao seu final estabelecer uma definição formal para ambas, com as suas mais significativas diferenças ou semelhanças. Esta abordagem é justificada pela importância que tem sido atribuída à essas representações temáticas. Será destacado que a Cartografia Geoecológica, apresenta-se como um dos principais suportes à gestão territorial e ambiental, sendo então por isso, necessária e merecida esta distinção.

Antes de um aprofundamento no assunto, deve ser ressaltado que tanto a Cartografia Ambiental, como a Cartografia Geoecológica fazem parte, na divisão formal da Cartografia, da Cartografia Temática. Cuidados especiais devem ser tomados em relação ao estabelecimento das definições e conceitos, para que não se caia nos próprios conceitos da Cartografia Temática. Por outro lado pode ser até questionável a divisão e classificação da Cartografia Temática à este nível, porém a difusão da tecnologia de SIG permitiu que fosse possível se chegar a níveis de especialização que anteriormente não era possível atingir, devido às limitações dos processos manuais. Por exemplo, a cartografia de síntese, que só podia ser elaborada através de *overlays* transparentes, com a manipulação de poucas informações. Limitações ainda hoje existem, mas comparativamente bem menores do que com tratamento manual.

5.1.1 Cartografia Ambiental

Para se trabalhar com Cartografia Ambiental existe a necessidade de conhecimentos do ambiente, que não é uma tarefa das mais simples, tendo em vista a sua caracterização

multi-facetada em diversas dimensões e sua complexidade, desde a origem dos fenômenos, até aos seus efeitos.

A tradução literal de ambiente apresenta-o como o meio circundante ao mundo interior, cuja substância é ditada pelo que lhe é central e afetada por ele. Pode ser caracterizado por uma planta, por um animal, um trecho de paisagem, um homem isolado ou um grupo de pessoas, apresentando-se freqüentemente tangível, concreto, sendo parte natural e parte artificial. Por outro lado o ambiente humano, dissociando-o do ambiente natural, consiste de fatores sociais, culturais e políticos, entre outros, que de todas as maneiras irão se integrar ao ambiente natural (PICKETT, 1985).

Segundo ORMELING (1989), o termo mapeamento ambiental ou cartografia ambiental pode ser usado com o significado de coleta, tratamento e apresentação de dados e informações do ambiente, incluídos os aspectos sócio-econômicos que possam influenciar diretamente os processos bióticos e abióticos.

CLAUSMAN (1975) apresentou uma classificação da Cartografia Ambiental, dividindo-a em

- mapas elementares e
- complexos.

Segundo sua visão, os mapas elementares são aqueles que apresentam informações qualitativas ou quantitativas, sem estabelecer conexões ou relacionamentos com outras informações. Os mapas complexos, por sua vez, são os que apresentam um grande número de elementos de relevância para o ambiente, bem como contém informações de correlação ambiental entre eles. Deve-se levar em conta que na época, as aplicações cartográficas computacionais e SIG eram ainda incipientes ou inexistentes.

LESZCZYCKI (1976) classificou os mapas ambientais,

- sob o ponto de vista funcional, como sendo descritivos, de avaliação, previsão e aplicação. Estes últimos englobando os mapas de apoio à decisão.

- sob o ponto de vista do conteúdo, fazendo uma divisão em mapas de descrição ambiental, mapas de poluição, mapas de alterações ambientais, mapas de desastres ecológicos ou ambientais, ou podem ser identificados pelos aspectos individuais do ambiente mapeado, tais como: geologia, paisagem, recursos hídricos, clima, vegetação, entre outros.

(BENEDICT & LEHMAN (1980), no início da década de 80 apresenta uma nova classificação:

- estáticos, quando apresentam os aspectos factuais do ambiente, em algum momento temporal;
- dinâmicos, envolvendo representações de processos ou alterações no ambiente;
- complexo-analíticos, que apresentam interações espaciais entre seus elementos e
- complexo-sintéticos, tipificados qualitativamente pelo tema (geomorfológico, tipos de paisagem, entre outros).

O que pode ser observado nestas classificações e conceitos apresentados pelos diversos autores, é a ausência de uma unidade, no sentido de conexão entre os termos. Pode-se verificar que existem termos comuns e elementos também comuns entre as várias definições. No entanto, a definição que melhor atende o conceito de Cartografia Ambiental é a definição devida à ORMELING (1989), pois além de ser abrangente, atende aos requisitos das representações qualitativas, quantitativas e de síntese da Cartografia Temática.

5.1.2 Cartografia Dinâmica

O conceito de Cartografia Dinâmica, surgiu em meados da década de 80, sendo apontada como razão para isto, a mutação rápida do espaço terrestre, sob os efeitos da ação antrópica sobre o ambiente. Os fatores antrópicos podem ser apresentados como os

principais causadores dessas modificações do espaço e o grande desenvolvimento da gestão territorial, seja ela do espaço urbano, rural ou do próprio ambiente (STEIMBERG & HUSSER, 1988).

Neste mesmo período, a Cartografia passa a ter à sua disposição, duas ferramentas essenciais: a informática e o sensoriamento remoto, que consistiram-se dos principais fatores da evolução dos métodos cartográficos de representação da informação geográfica.

A representação do dinamismo de informações não é um fato novo dentro da Cartografia ou da Geografia. Um dos problemas para este tipo de representação reporta-se à existência de uma grande defasagem entre as informações temporais de uma mesma área, acarretando descontinuidades na evolução de eventos ou fenômenos. Com as ferramentas citadas é, hoje em dia, possível diminuir esta defasagem à níveis que atendam as representações de uma forma fiel ao fenômeno.

Baseado nestes fatos, STEIMBERG & HUSSER (1988) propôs a definição e classificação da Cartografia Dinâmica, que pode à princípio parecer arbitrária, pois é difícil a fixação de padrões que sejam admitidos para todo um conjunto de mapas. Existe no entanto uma grande quantidade de documentação cartográfica que pode ser enquadrada dentro dessa proposta. STEIMBERG & HUSSER (1988) estabeleceu cinco critérios principais adaptados para esta classificação:

- existência de uma noção de evolução, seja temporal ou espacial;
- mapas ou cartas de gestão territorial;
- utilização de técnicas de apoio de última geração (na época sensoriamento remoto e computação);
- existência de cadeias técnicas de trabalho e
- a utilização de uma mídia privilegiada utilizada por essas cartas.

Em relação à noção de evolução, isto não é uma novidade em termos de representação cartográfica, porém alguns elementos, que anteriormente eram de mais difícil percepção,

podem atualmente ser melhor representados, podendo-se distinguir, a velocidade e aceleração de uma evolução, temas submetidos à uma evolução, bem como o grande número e a interação de fatores de evolução.

Nas representações de gestão e organização territorial e ambiental, estariam enquadrados, segundo STEIMBERG & HUSSER (1988), os níveis de intervenção, rupturas, zonas de sensibilidades e fragilidades, riscos e potenciais de agressão ao meio ambiente, constatados por níveis de balanço, permitindo análises diagnósticas, previsão de evolução e prognósticos.

Por estes conceitos, pode ser verificado que em muitos aspectos os conceitos de Cartografia Dinâmica, são semelhantes ou coincidentes com os conceitos de ORMELING (1989), podendo ser colocados como redundantes. Desta forma, pode ser estabelecidas duas características para todos os mapas, não só para os ambientais, em relação ao dinamismo da representação:

- mapas estáticos, que pressupõem uma representação de um momento temporal de algum aspecto ambiental e
- mapas dinâmicos, que pressupõe a existência de uma evolução no tempo ou no espaço da representação ambiental.

5.1.3 Cartografia Geoecológica

O estágio inicial do mapeamento geoecológico remonta ao início dos anos 60, com a introdução do tema da ecologia na cartografia. Foram desenvolvidos mapas de gerenciamento, voltados ao meio ambiente, seguidos de trabalhos de avaliação da influência de fatores sócio-econômicos no ambiente, incluindo-se seus efeitos positivos e negativos, bem como a previsão de alterações espaciais ao longo do tempo.

Não existe nenhum conceito firmado na literatura sobre Cartografia Geoecológica. Nesse ponto então, é necessário estabelecer os conceitos voltados para ela, diferenciando-a da Cartografia Ambiental. Inicialmente a Cartografia Geoecológica faz parte da Cartografia

Ambiental, dentro das definições apresentadas por ORMELING (1989). O que se deseja apresentar é a Cartografia Geoecológica como um desmembramento da Cartografia Ambiental, considerando-a como um dos seus ramos.

A Cartografia Geoecológica será definida retirando-se dos conceitos da Cartografia Ambiental aqueles que incluem as representações dos relacionamentos e inter-relacionamentos entre os componentes do meio ambiente e da paisagem. O mapeamento geoecológico, dessa forma, vai diferir do ambiental por três fatores fundamentais:

- interação homem-natureza e suas conseqüências para o meio-ambiente;
- ação dinâmica (representação das transformações, vetores e interações sobre o tempo);
- representação dos relacionamentos e inter-relacionamentos entre elementos da paisagem.

Desta forma, a Cartografia Geoecológica estará mais afeta ao mapeamento de fenômenos e elementos da paisagem, bem como de funções e funcionalidades.

Tanto os objetivos da Cartografia Ambiental, como os da Cartografia Geoecológica podem ser estabelecidos e vistos como: visualizar situações de conflito, riscos ou impactantes, prover soluções para possíveis impactos causados por novas ações antrópicas sobre o ambiente, explicar situações ambientais, servir como argumento de apoio para decisões, servir de ferramenta para análise ou capacidade do ambiente para exercer determinadas funções ou analisar a compatibilidade das atividades sócio-econômicas de um lado e as funções do ambiente por outro lado, visando o benefício da sociedade.

A quantidade de informações que um mapa geoecológico necessita para ser gerado, é sempre muito grande quando comparada a outros tipos de mapeamento, ocasionando a necessidade de utilização de processos especiais e de novas tecnologias para a sua representação. Por outro lado a concepção das interações, relacionamentos e inter-relacionamentos da paisagem, exige tanto o conhecimento específico dos elementos e

relacionamentos, como a necessidade do domínio das ferramentas e tecnologias que permitam gerar as representações desses relacionamentos.

A tecnologia de amplo emprego nesse aspecto é a de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que com a criação de bases de dados adequadas, vem a permitir o gerenciamento, cruzamento e análise das informações, bem como uma visualização cartográfica eficaz.

Os temas que podem ser abordados geoeologicamente são os mais diversos, estando abaixo listados alguns exemplos para ilustração (STEINBERG & HUSSER, 1988; HAINES, 1993; GEOHECO, 2000):

- características naturais da paisagem e sua evolução temporal;
- diferenciação de características em relação a estabilidade, face à atividades humanas;
- estrutura da paisagem;
- subsistemas associados de paisagem, com forma de uso da terra: urbana, rural, industrial entre outras;
- sistemas de feições sócio-econômicas importantes (tomada de decisão, sítios industriais, transportes), associados ao seu efeito no meio ambiente;
- estado de sistemas de paisagem baseado em interação de fatores;
- tendência de condição de paisagem sobre a influência antrópica;
- sistemas de observação voltado à preservação do potencial ecológico da paisagem.

Pode-se verificar portanto, que a abrangência do mapeamento geoeológico é ampla, permitindo para um espaço geográfico, a possibilidade de criação de séries ou sistemas de mapas que visualizem os relacionamentos geoeológicos da paisagem.

Nesse aspecto, pode-se por exemplo, estabelecer sistemas de mapas, de acordo com alguns estágios da pesquisa geoeológica, como os apresentados abaixo:

- potencial ecológico do geoeossistema;

- impactos humanos em geocossistemas e anomalias ecológicas tecnogênicas;
- influência do ambiente na população;
- estabilidade do geocossistema sob impactos antrópicos;
- prognósticos de problemas geoecológicos;
- desenvolvimento de normas e especificações para otimização do ambiente geográfico.

Assim, pode-se verificar a existência de uma grande semelhança entre a Cartografia Ambiental e a Cartografia Geoecológica, uma vez que tudo o que é geoecológico é também ambiental. Porém a posição de se estabelecer uma conceituação própria para a Cartografia Geoecológica, separando-a da Ambiental, tem por justificativa o tipo de abordagem que será estabelecida para a execução de suas representações, aplicada à recortes geoecológicos pré-definidos da paisagem, bem como a expressão da funcionalidade entre os elementos da paisagem.

Desta forma pode-se estabelecer um conceito para Cartografia Geoecológica, como a representação de dados ou informações oriundas de processos analíticos, mostrando através dos inter-relacionamentos entre os elementos da paisagem, as conseqüências imediatas ou futuras sobre o meio ambiente definido pelo recorte espacial da paisagem estudada.

5.2 APLICAÇÕES DO MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO

5.2.1 Cartografia da Paisagem

No conceito de paisagem, distingue-se basicamente dois subsistemas que coexistem e interagem dentro do limite do seu espaço geográfico: o subsistema geo-biofísico e o subsistema sócio-econômico-cultural e político.

O aspecto principal do monitoramento e avaliação da paisagem envolve inicialmente um inventário e um diagnóstico do *status* da paisagem, ou seja, do que existe e do que é importante ser representado, podendo também representar aspectos analíticos ou

quantitativos da paisagem. Os elementos da paisagem selecionados para serem representados, poderão ser diferentes, apropriados à cada estudo aplicado. A escala de representação vai definir o nível de detalhamento e generalização das informações que serão mapeadas. Este mesmo nível de detalhamento também servirá de parâmetro para definir o nível de percepção dos inter-relacionamentos entre os diversos elementos da paisagem

Algumas aplicações típicas de mapeamento tradicional da paisagem podem ser visualizadas nas representações cartográficas seguintes:

- mapas de ocupação e uso do solo;
- mapas de paisagem urbana e rural.

Os mapas de uso do solo apresentam as seguintes características:

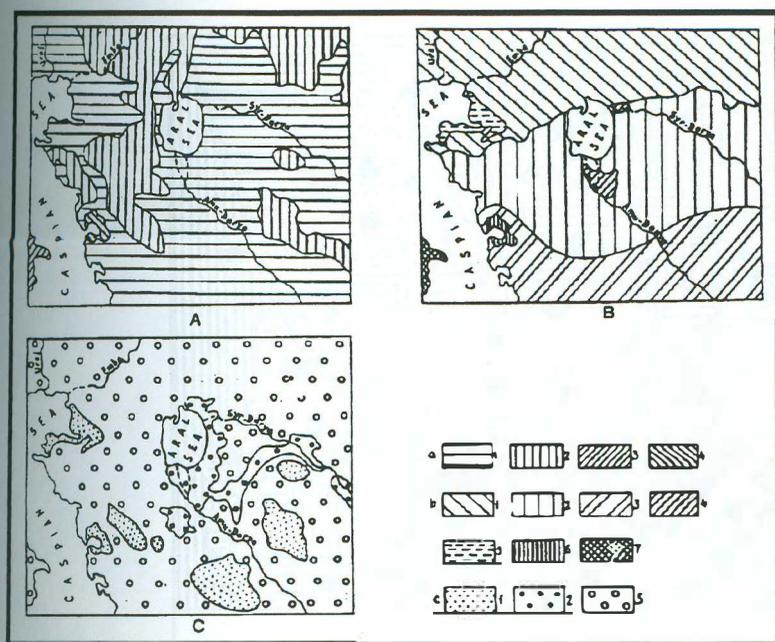
- mostrar objetivamente o estado atual ou o passado recente do espaço geográfico;
- estabelecer uma tipologia sintética de zonas homogêneas, caracterizadas pelo mesmo tipo de ocupação do solo;
- estabelecer elementos de comparação temporal para a evolução de fenômenos geocológicos.

Em relação à representação cartográfica, adotam-se duas modalidades principais:

- representação zonal precisa dos elementos;
- representação de categorias dominantes.

A seguir serão apresentados alguns exemplos de mapeamentos da paisagem, mostrando a simplicidade de alguns, até a complexidade de outros.

A figura 5.1 mostra um mapa da paisagem da área em torno do Mar de Aral, Rússia, apresentando uma informação puramente qualitativa ou de inventário, em três níveis de informação (MILANOVA & KUSHLIN, 1993). A finalidade deste tipo de mapa é de apenas tipificar, ou qualificar os elementos da paisagem em cada um dos níveis. Não apresenta nenhum tipo de relacionamento entre os elementos da paisagem representados.



Legenda:

Classe de Relevo (Mapa A):

- 1 - Terras baixas
- 2 - Terrenos de elevação
- 3 - Montanhas
- 4 - Platos

Tipo de paisagem zonal (Mapa B):

- 1 - Deserto e deserto semi-temperado
- 2 - Deserto semi-temperado
- 3 - Deserto sub-tropical
- 4 - Floresta intrazonal
- 5 - Habitat intrazonal umido
- 6 - Pantanos intrazonais
- 7 - Floresta mista de altitude

Grau de modificação humana (Mapa C)

- 1 - Fundo natural
- 2 - Paisagem secundária
- 3 - Paisagem modificada por ação antrópica

Figura 5.1 – Mapa Qualitativo da Paisagem – Mar de Aral, Rússia (MILANOVA & KUSHLIN, 1993)

Alguns tipos de mapas, para mostrar o aspecto dinâmico utiliza a diacronia, visualizando a evolução temporal ou espacial, conforme o exemplo da figura 5.2, extraído de STEIMBERG & HUSSER (1988), mostrando a evolução das construções na paisagem semi-urbana de Lyon, França.

Este mapa, mesmo procurando mostrar um aspecto evolutivo de um fenômeno, construções, não possui nenhum atributo analítico, quantitativo, nem de síntese, sendo visto apenas pela visão de inventário, puramente descritivo e comparativo, pela representação das construções das duas épocas, sob uma simbolização diferenciada.

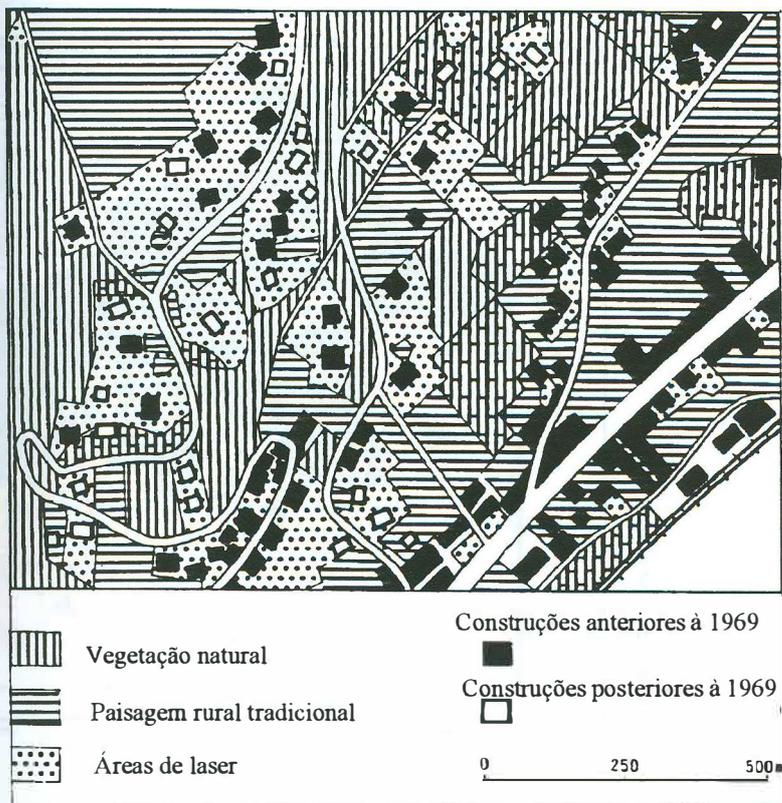
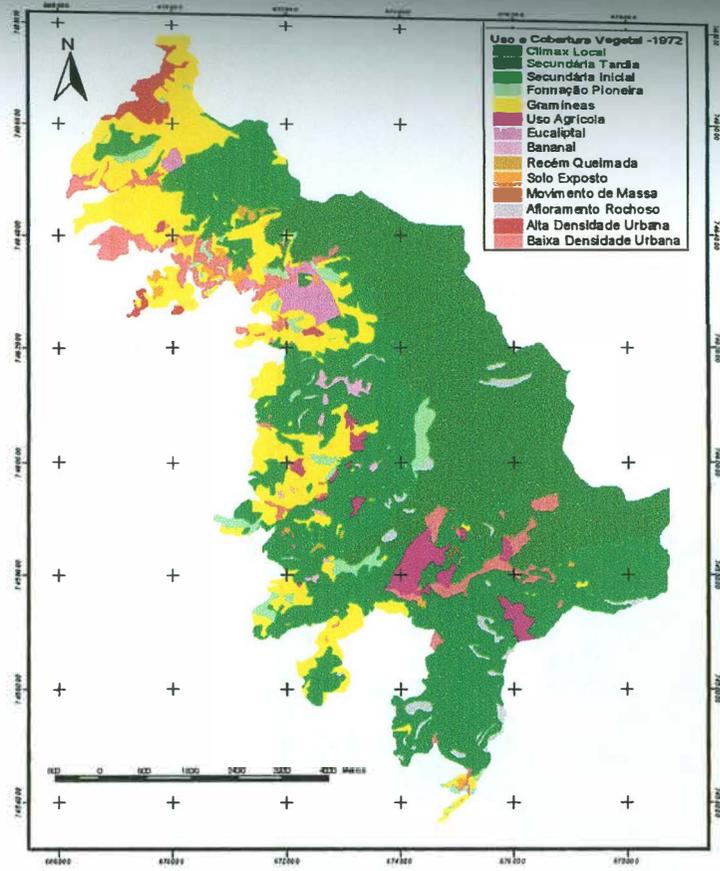
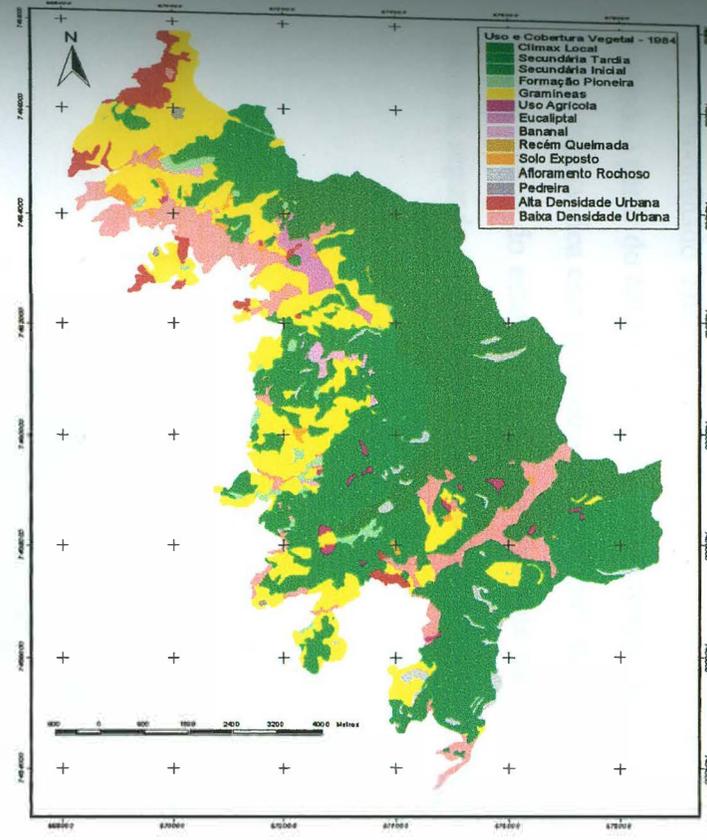


Figura 5.2 – Evolução da paisagem semi-urbana de Lyon, França (STEINBERG & HUSSER, 1988)

Os exemplos a seguir foram elaborados dentro do GEOHECO (2000), resultado de um processo de investigação, com a utilização de fotointerpretação e levantamentos de campo da área do Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, mostrando o uso do solo e a cobertura vegetal em dois anos, 1972 e 1986. Os levantamentos de campo, associados com informações e a fotointerpretação, bem como à uma base cartográfica em escala de 1: 10 000, permitiu estabelecer as classes necessárias de uso e da cobertura vegetal e a sua conseqüente representação. A figura 5.3 mostra estes dois mapas, colocados de forma a permitir uma comparação evolutiva das diversas classes mapeadas.



Uso e Cobertura Vegetal - 1972



Uso e Cobertura Vegetal - 1984

Figura 5.3 – Mapas de Uso e Cobertura do Solo 1972 e 1984, Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ (GEOHECO, 2000)

Como um exemplo quantitativo, oriundo de um processo analítico-integrativo, de abordagem tipicamente geo-hidroecológica, pode-se analisar o mapa da figura 5.4. Este mapa, denominado Hidrogeomorfológico, é o resultado de um processo analítico, realizado a partir do cálculo do índice de eficiência de drenagem, produto do cruzamento da base topográfica com o sistema de drenagem das sub-bacias de segunda ordem. Isto é possível através do estabelecimento do gradiente médio e a densidade de drenagem, por bacias de segunda ordem, segundo STRAHLER (1952), (GEOHECO, 2000).

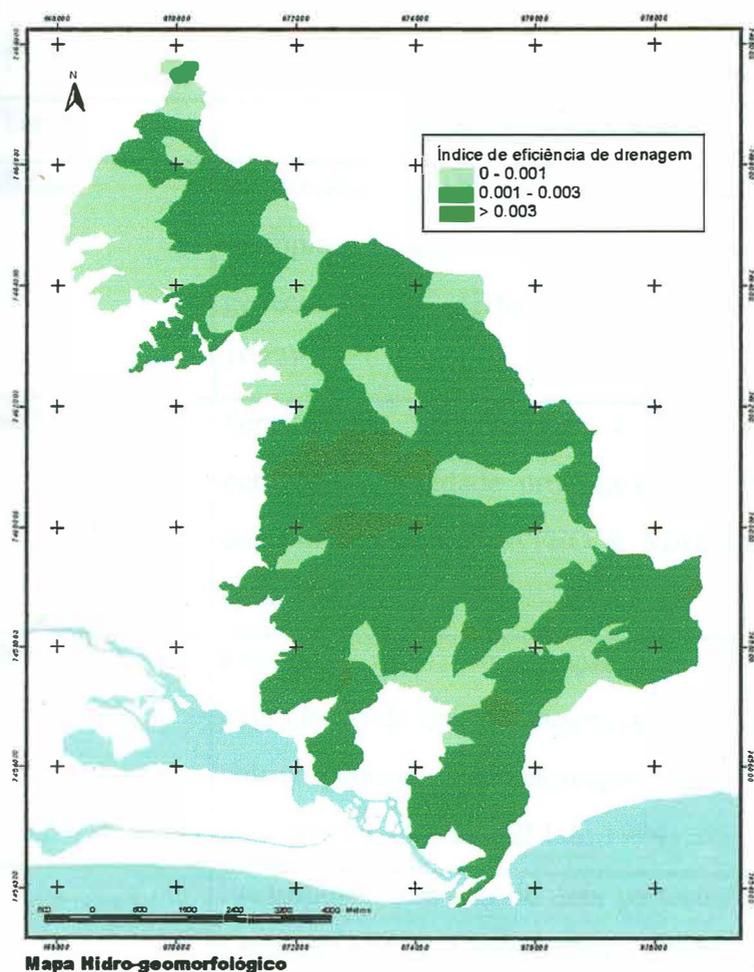


Figura 5.4 – Mapa Hidrogeomorfológico, Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ (GEOHECO, 2000)

5.2.2 - Mapas de Avaliação

Estes mapas são representações de processos que possam ocorrer em um espaço geográfico definido, função, dentro dos conceitos da Cartografia Geoecológica, de um ou mais processos analítico-integrativos, sobre os elementos da paisagem. Podem assumir desde uma representação global, até local, dependendo do espaço e interações que se esteja buscando representar.

Envolvem estudos de vulnerabilidade, susceptibilidade, potencialidades e riscos, entre outros. Cada um destes termos tem um significado próprio, que é sintetizado na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Significado e conceito associado de mapas de avaliação

Termo	Conceito Associado
Vulnerabilidade	Incapacidade de lidar com fatores naturais ou antrópicos, que causem degradação ao geoecossistema (KRUIJF & SCHOUTEN, 1987)
Susceptibilidade	Sensibilidade da paisagem à degradação ou perda de capacidade produtiva – pressupõe o que pode ocorrer (MATEO & MAURO, 1994, <i>apud</i> Meirelles, 1997)
Fragilidade	Expressa uma combinação do nível de degradação de uma paisagem, através das ações antropogênicas, pela susceptibilidade à uma perturbação. (QUINTELLA, 1994)
Riscos	Pressupõe o impacto de uma perturbação sobre a paisagem (COELHO NETTO, 2000)
Potencialidade	Define a aptidão para aproveitamento ou realização de determinadas atividades (SMITH & THEBERGE, 1986 <i>apud</i> MEIRELLES, 1997)

Extraídos de GEOHECO (2000), a seguir serão mostrados diversos mapas que expressam alguns dos conceitos apresentados na tabela 5.1. A figura 5.5 apresenta o Mapa de Vulnerabilidade do Ecossistema Florestal, da Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ (GEOHECO, 2000). A vulnerabilidade do Ecossistema Florestal, das bacias hidrográficas foi definida por um conjunto de atributos que, em uma análise expedita efetuada em levantamentos de campo, forneceram os indicadores sobre o estado da vegetação, permitindo uma melhor compreensão da sua dinâmica geocológica. Esta dinâmica foi constituída por atributos que, como síntese, forneceram o risco de retração florestal da área em estudo. Este foi classificado em inexistente, baixo, médio e alto, de forma a se constituir em um instrumento de avaliação qualitativa. Os atributos examinados em cada bacia foram as evidências de corte seletivo de árvores.

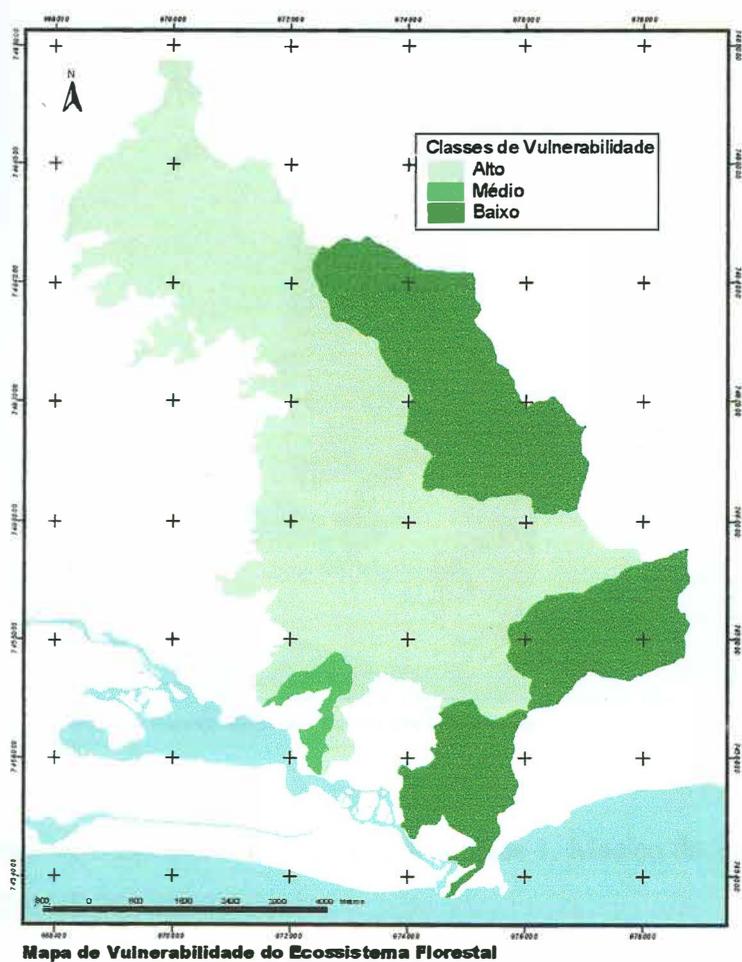


Figura 5.5 - Mapa de Mapa de Vulnerabilidade do Ecossistema Florestal, da Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ (GEOHECO, 2000)

A figura 5.6 mostra o Mapa de Susceptibilidade à Incêndios, Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, (GEOHECO, 2000). Este mapa foi elaborado para permitir o entendimento desta variável ao nível espacial. Baseou-se no cruzamento dos mapas de orientação ou aspecto das encosta, formas de encosta (morfologia) e uso e cobertura do solo de 1996. Para cada mapeamento, acima citado, foi estipulado um peso, e para suas classes um valor, de acordo com a potencialidade a incêndios. Os pesos foram atribuídos de acordo com a análise fundamentada no conhecimento das relações funcionais entre as diversas variáveis.

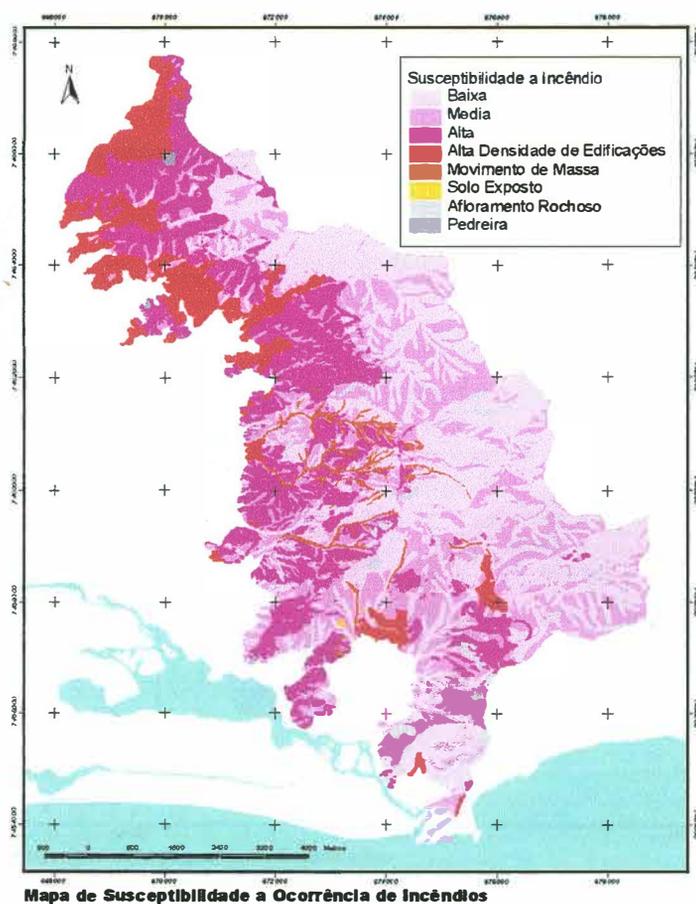


Figura 5.6 - Mapa de Susceptibilidade à Incêndios, Fase 1, Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, (GEOHECO, 2000)

A figura 5.7 apresenta o Mapa de Riscos de Deflagração e Propagação de Incêndios, elaborado na Fase 2 do Projeto GEOHECO (2000), no Maciço da Tijuca, Rio de

Janeiro, RJ. Para a construção deste mapa, foram analisados diversos elementos de superfície. Inicialmente foi incorporado o mapa de susceptibilidade a incêndios, obtido através do cruzamento dos mapas de forma, aspecto e uso e cobertura. Incorporou-se em seguida, as principais vias de circulação, tendo em vista a alta vulnerabilidade de suas margens à deflagração de incêndios. Foi criada uma faixa de risco (*buffer*) ao longo das vias, com 100 m extensão para cada lado. Foram acrescentados os setores censitários com a informação dos domicílios que queimam lixo, baseado no fato de que esta prática é um fator suplementar de risco, favorecendo a iniciação de incêndios. Procedeu-se então à definição de uma gradação do risco de iniciação de incêndio, de acordo com a densidade de domicílios nessa situação.

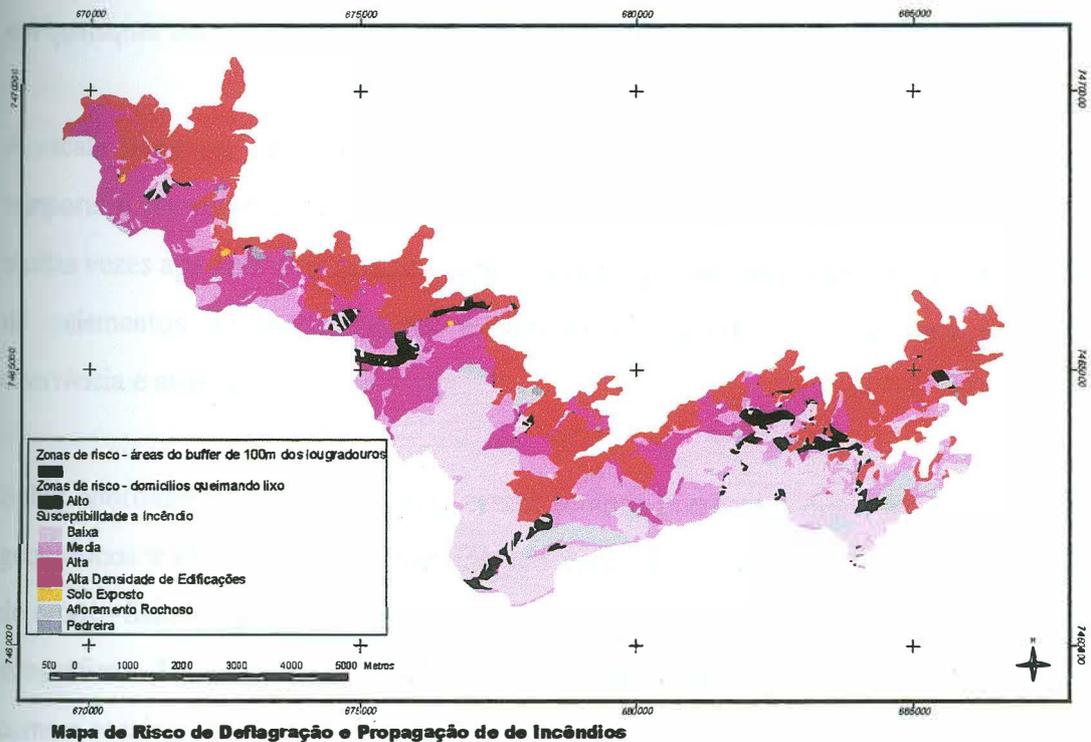


Figura 5.7 - Mapa de Riscos de Deflagração e Propagação de Incêndios, Fase 2, Maciço da Tijuca, rio de Janeiro, RJ, GEOHECO (2000)

5.3 ESCALA EM GEOECOLOGIA

O termo escala, se analisado superficialmente, pode parecer ambíguo, possuindo significados diversos, em certos aspectos até divergentes entre si. É necessário em alguns casos, para se evitar quaisquer dúvidas, que o contexto onde esteja colocada, seja bastante claro, evitando assim, possíveis problemas de interpretação. É evidente, para todos que estejam familiarizados com as aplicações e interpretações diversas à que a escala está sujeita, dificilmente ocorrerá uma confusão entre os vários conceitos.

A importância da escala é fundamental em pesquisas de cunho geográfico, cartográfico ou ambiental, ou qualquer outra que se realize sobre o espaço físico de atuação de um fenômeno, espacializando a sua representação. Seus conceitos serão sempre aplicados em quaisquer desses estudos (TURNER & GARDER, 1989).

A escala pode ser abordada dentro de um contexto espacial ou temporal. A escala temporal é importante para o estudo de uma grande quantidade de fenômenos, sendo muitas vezes aplicada em conjunto com a escala espacial, principalmente para a indicação de elementos ligados à fatores evolutivos e ambientais, como seus períodos de ocorrência e atuação.

Sob a abordagem espacial, a escala estará sempre presente à qualquer nível de estudos geográficos e cartográficos. É considerada como fator determinante para a delimitação de espaço físico, grau de detalhamento de uma representação ou identificação de feições geográficas. Dentro deste contexto, surgirão já alguns conceitos que serão opostos, como a escala geográfica e cartográfica.

Os mapas, dentro de um trabalho clássico e tradicional, apresentam-se como um meio permanente de armazenamento da informação geográfica e a escala é o primeiro processo a ser considerado na transformação da informação geográfica para a informação cartográfica. Toda representação cartográfica terá envolvimento com um ou mais fatores de escala, dependendo do tipo de transformações que forem aplicadas, principalmente as transformações projetivas.

Os sistemas de informações geográficas (SIG), por sua vez, abrem uma perspectiva de incorporação à sua base de dados, de documentos em diferentes escalas e resoluções, através de mapas, informações e imagens, as vezes bastante diversas uma das outras. Caracteriza-se assim, a necessidade de trabalho com diferentes escalas integradamente. Como todas as informações em um SIG estão referenciadas à sistemas de coordenadas terrestres, pode-se criar, uma sensação de perigosa irrealidade, dando a aparência que o problema de escala é inexistente.

A incorporação de novas técnicas de aquisição de dados, tais como GPS, que teoricamente transforma o mundo real em uma grande mesa digitalizadora, também deve ser observada com cuidado, tanto devido ao volume de informações, como à própria precisão das observações e à conseqüente necessidade de aplicação de conceitos de tratamento da informação colhida e processos de generalização cartográfica (BENEVENTO & MENEZES, 1999).

A observação de fenômenos sob diferentes escalas pode causar significativas alterações na sua interpretação, gerando portanto questionamentos sobre o impacto da observação de um fenômeno, visualizado sobre mudanças de escala e possíveis alterações que possam ocorrer na visualização, na sua forma de representação e sobre o próprio comportamento da escala com o fenômeno.

5.3.1 Percepções de Escala

A escala, inicialmente, pode ser associada à todas as representações cartográficas em forma de mapas. Para se representar uma área da superfície terrestre, uma razão ou relação de escala deve ser adotada, definida pelas dimensões lineares da área no terreno e na representação. Desta forma existe uma razão matemática, topográfica e métrica associada.

Em termos geográficos, por sua vez, a percepção é espacial, dependente da amplitude da área em estudo. A visão dos fenômenos ou informações dentro da área, será afetada de alguma forma pelo conceito de escala.

Pela visão cartográfica, o conceito de escala é estabelecido pela razão de semelhança entre a representação e o mundo real. Analogicamente o conceito é perfeitamente captado, pela facilidade de tangibilidade exercida por um mapa. Em termos digitais porém, o conceito em certa forma pode inclusive tornar-se um problema sério, uma vez que a representação de um mapa pode se dar em coordenadas de terreno. Pode acontecer afirmações perigosas do tipo de não dependência à escala por parte de bases digitais (GOODCHILD & QUATTROCHI, 1997). Uma vez que se trabalhe com um conjunto georreferenciado, ou seja, em coordenadas de terreno, as funções de aproximação e afastamento (*zoom in* e *zoom out*), existentes em todos os sistemas computacionais, fornecem essa sensação de independência de escala, uma vez que pode gerar visualizações em uma série contínua de escalas. Entretanto, a obtenção das coordenadas de terreno foi efetuada através do georreferenciamento, em uma aquisição vetorial ou matricial, em uma escala preexistente (mapas em diversas escalas). Assim a informação digitalizada está vinculada à todos os erros e à generalização que foi aplicada ao documento fonte.

Funções de aproximação (*zoom in*) não farão aparecer mais detalhes do que os captados no documento fonte. É bastante diferente e diverso do que é permitido em determinados sistemas (Atlas GIS, Geomedia), onde uma função semelhante executa uma mudança de documento, coerente em detalhes e generalização com a nova escala de visualização. Da mesma forma a função de afastamento traz um detalhamento excessivo, podendo inclusive haver colapso na apresentação visual.

Geralmente escalas cartograficamente maiores representam um nível de detalhamento maior que em escala menores, abordando por sua vez uma área geográfica menor. Isto, por sua vez, leva também ao estabelecimento de um nível de detalhamento da própria informação que esteja sendo representada. Assim a informação poderá ser visualizada

segundo diferentes níveis de detalhamento, ocasionando diferentes possibilidades de interpretações. De uma certa forma, sob a visão cartográfica, não existe erro ou representação errada da informação, porém questiona-se até que ponto esta diferença entre as representações ou interpretações da informação, é aceitável. Em princípio, uma escala menor será sempre menos detalhada que uma escala maior. A escala menor sempre representará uma maior área geográfica do que a contida em uma escala maior.

A percepção de escala é diferente, conforme seja abordada por diferentes usuários, como também até pelo tipo de fenômeno que esteja sendo representado. Para alguns fenômenos geográficos, por exemplo os ambientais e geocológicos, a informação só será percebida se visualizada em uma escala, dentro de sua área de atuação, ou dentro do seu contexto espacial, integrada com outras informações e percebidas por suas propriedades e pelos seus relacionamentos. Dessa forma, muitas vezes ocorre que a generalização, em vez de simplificar, pode adicionar mais informação ao mapa. Nesse aspecto a escala representa um limite para o volume de informação que pode ser incluída no mapa, bem como o nível de realidade que pode ser visualizado (LAM & QUATTROCHI, 1992).

Esta diferenciação ocorre principalmente devido ao processo de generalização da informação. A escala é o principal fator da generalização cartográfica. Em princípio, quanto menor a escala cartográfica, maior será o grau de generalização aplicado, buscando-se a clareza e legibilidade da representação. Como a redução de escala é aplicada à qualquer representação cartográfica, pode-se inferir que os processos de generalização também serão aplicados à todas essas representações. Assim, quanto mais generalizada for uma representação, mais distante da realidade poderá estar.

O padrão de precisão de um mapa é relacionado ao valor do erro gráfico, 0,2 mm associado à uma determinada escala. Este valor é no entanto caracterizado como o valor final obtido através de uma propagação dos erros, durante todo o processo de construção do mapa, a partir da fase de aquisição de dados. Confunde-se muitas vezes o erro gráfico como um padrão de precisão para aquisição de dados. Evidentemente, se

existe uma propagação de erros associada ao processo de construção do mapa, a precisão da fase inicial de aquisição terá, necessariamente, de ser mais precisa que a precisão final definida pelo erro gráfico. Associar o erro gráfico como precisão da aquisição é um erro inaceitável, pois deixa de considerar todas as fases intermediárias do processo de construção, tais como transformações projetivas, processos fotogramétricos, de sensoriamento remoto (georreferenciamento), desenho, digitalização, impressão, etc.

5.3.2 – Definições de Escala

A primeira e mais imediata definição para escala é estabelecida pela conotação cartográfica, através de uma simples razão de semelhança, indicando a razão entre comprimentos no mapa e seu correspondente no mundo real, conforme já estabelecido no Capítulo 3. Pode ser considerada como a transformação geométrica mais importante que a informação geográfica é submetida. Todas as demais transformações terão alguma ligação com esse processo.

Bastante relacionado à escala cartográfica está o conceito de resolução, apesar de terem significados bastante diferentes. Segundo GOODCHILD *et alii* (1991), pode ser definida “*como o menor objeto ou feição que pode ser distinta em um conjunto de dados*”. Essa conotação de menor ou limite, que associado ao erro gráfico, estabelece a aproximação com a escala de um mapa ou carta.

Tendo-se porém uma imagem, cuja resolução espacial seja de 30m x 30m (Landsat TM), isto significa que objetos ou elementos menores que 30m x 30m não serão representados na imagem. No caso de uma imagem Spot X, a resolução é de 10m x 10m. Pode-se verificar que existe uma relação possível entre o conceito de resolução e erro gráfico. A imagem Spot citada, possui uma compatibilidade com a escala 1: 50 000 e menores, não ocorrendo isto com escalas maiores, uma vez que o tamanho do pixel é fixo em unidades do terreno, não permitindo uma melhor definição, por mais que seja ampliada a imagem.

Por outro lado, um processo de digitalização matricial (*rasterização*), ou a aquisição via *scanners*, de um documento cartográfico, também associa uma resolução, em termos de dpi (*dots per inch*). Um mapa em formato matricial, digitalizado à 600 dpi, terá um pixel com 0,04 mm. Isto significa que em uma polegada quadrada, existirão 600 x 600 pixels (*picture elements*). Em termos cartográficos, este valor, está abaixo do erro gráfico, sendo portanto teoricamente compatível. Existem porém implicações de erros instrumentais, que fazem com que a resolução, para tratamento cartográfico seja bem mais rígida, (em torno de 1000 dpi), bem como as especificações instrumentais.

O conceito de escala geográfica se contrapõe ao conceito de escala cartográfica, sendo traduzida pela amplitude da área geográfica em estudo. Esse conceito estabelece que quanto maior a extensão da área, maior será a escala geográfica associada. Assim é mostrado o antagonismo existente com a escala cartográfica: quanto maior a escala geográfica, menor será a escala cartográfica aplicada.

O último conceito a ser estabelecido é o de escala operacional. Este conceito relaciona-se diretamente com a escala geográfica de atuação ou de operação de um determinado fenômeno. Por exemplo, a escala operacional da poluição ambiental de uma fábrica isolada, será menor que a escala operacional de um distrito industrial como um todo.

Cabe a consideração que a escala operacional de alguns fenômenos pode aumentar sensivelmente, levando-se em conta a sua ocorrência temporal. Por exemplo, um breve período de tempo de lançamento de esgoto *in natura*, (horas ou dias), terá uma área de atuação bastante menor do que se considerado um período de tempo maior (semanas ou meses).

Os dois conceitos iniciais, escala cartográfica e resolução, possuem uma definição geométrica precisa, não deixando margem à dúvidas quanto ao seu emprego. O seu principal problema é o relacionamento para se determinar com eficácia, a escala mais coerente para representar as diversas informações geográficas.

Já nos conceitos subsequentes, existe uma razoável carga de subjetividade. Como fazer para se estabelecer uma boa definição do que seja uma escala grande ou pequena, para uma determinada ocorrência. Dependendo do fenômeno, o que pode ser definido como escala grande para um, pode perfeitamente ser escala pequena para o outro. Isto é particularmente verdadeiro para fenômenos geoecológicos.

Uma boa conjugação das propriedades da informação, suas características geométricas e subjetivas, permitirão a definição integrada dos conceitos emitidos, estabelecendo qual a melhor escala, associada com a escala geográfica e operacional da melhor forma de visualização,

5.3.3 – Impactos da Escala

Talvez o maior problema para a representação da informação geográfica cartograficamente, seja a consideração da escala que permitirá a sua visualização com um mínimo de perda, ou com perdas não significativas da informação, causadas pela generalização que será, em qualquer situação, aplicada à informação. A consideração de um único fenômeno simplifica o problema, porém existe um sério agravamento, quando se consideram diversos fenômenos que se interrelacionem, possuindo diferentes escalas operacionais, em consequência diferentes escalas geográficas de atuação e que possam ter sido adquiridas de fontes diversificadas, em diferentes escalas e resolução.

Surgem então problemas outros, que devem ser resolvidos, visando a criação de uma estrutura mais formal e menos subjetiva, procurando estabelecer um gerenciamento efetivo e objetivo, para a manipulação da escala. Nesse particular, os seguintes aspectos deverão ser considerados (GOODCHILD & QUATTROCHI, 1997):

- Invariância de escala – traduzindo as transformações cujas propriedades não variam com a escala. Por exemplo, pode-se citar as transformações de coordenadas, com a digitalização; localização nominal de fenômenos, através de suas coordenadas. É indispensável a definição das propriedades dos sistemas sócio-bio-físicos, determinando quais são os sistemas invariantes em escala.

- Capacidade de mudança de escala – definindo quais as transformações que podem agregar e desagregar a informação, uma vez que os dados sejam lógicos, corretos e geograficamente compatíveis.
- Impacto da escala – determinação de métodos que possam avaliar o impacto da mudança de escala, em função de perda ou ganho de informação. Este é um dos problemas essenciais, uma vez que os processos de generalização podem causar uma sensível mudança na informação.
- Definição da escala como parâmetro de processos geocológicos, levando à determinação do nível de erros associados aos modelos, causados pela não utilização de escalas adequadas aos dados e informações.
- Em relação à multiescalaridade, deve-se verificar o nível de alteração que cada base de informação deve sofrer para a criação de uma base única, compatível com todas as informações analisadas. A integração das informações em diferentes escalas sob essa base única fatalmente ocasionará erros e perdas de informações em diferentes níveis (EHLERINGER & FIELD, 1993). Um correto conhecimento dos erros e sua significância relativa ou seja, entre as informações, e absoluta, em relação ao mundo real, é indispensável para a consistência da informação (LING, 1997).

Em princípio o problema da integração de múltiplas escalas em uma única base de informações é um dos mais sérios quando se trata de informações geocológicas. Processos geocológicos operam simultaneamente em diferentes escalas operacionais, que por sua vez irão influenciar, na montagem do processo de inter-relacionamento, na localização, padrão e na própria escala operacional do conjunto.

Por outro lado, dados podem traduzir diferentes informações, se apresentados em diferentes escalas. O estudo desenvolvido por ALLEN & STAR (1982), estabeleceu a significância dessa afirmativa, através do estabelecimento de um modelo hierárquico, interligando a espacialidade e a operacionalidade de um fenômeno. Cada nível da hierarquia possui características próprias, não definidas pela simples soma das partes individuais, baseada na teoria holística. Podem assumir propriedades inerentes ao novo espaço geográfico a que estejam sendo agregados. Por exemplo, uma folha está agregada

à um ramo ou uma árvore, enquanto uma mata está associada à cobertura vegetal ou ao uso do solo da área. Assim, um modelo que seja aplicada ao elemento menor dentro da hierarquia, em princípio não poderá ser aplicado ao de nível superior, pois possuem propriedades distintas, da mesma forma como são distintas as suas escalas operacionais.

6 MODELOS E MODELAGEM MATEMÁTICA

O objetivo deste capítulo é apresentar o embasamento que o modelo de avaliação se apoiará.

A representação de processos ambientais, temporal e espacialmente distribuídos, através de modelos matemáticos que possam representá-los de uma forma realística, está sendo reconhecida como uma forma bastante confiável de avaliação quantitativa do meio ambiente, em escalas locais, regionais e globais (GOODCHILD *et alii*, 1993). Estes modelos permitem estabelecer visões diagnósticas e prognósticas através de simulações e relacionamentos de variáveis físicas, podendo ser associados às variáveis sócio-econômicas, para a avaliação de riscos ambientais, gerenciamento de recursos naturais e também a gestão territorial.

Os processos geo-biofísicos no mundo real são tipicamente complexos, tridimensionais e dependentes do tempo. A complexidade de um processo pode perfeitamente incluir um comportamento não linear inerente à ele, com componentes determinísticas ou estocásticas e ciclos temporais sobre um espaço físico determinado. O entendimento qualitativo de um processo pode até ser significativo, porém, sob o aspecto quantitativo, podem ocorrer limitações significativas, devido a inconsistências, tanto do modelo aplicado, como dos processos de observação dos fenômenos e a sua própria variabilidade espacial e temporal (STEYAERT, 1993). Por outro lado, a possibilidade de estruturação de processos através de uma formulação matemática pode em certos casos não existir, ou apresentar um grau de complexidade muito alto, exigindo simplificações consideráveis na modelagem, para admitir uma possível solução, fugindo muitas vezes da realidade do problema.

A conversão da estrutura matemática para um processamento numérico computacional, através de uma discretização (digitalização), também pode levar a outras simplificações, definidas pela transformação de escala e generalizações, estabelecidas pelas limitações de uma representação gráfica, podendo não ser explícitas no modelo. Por outro lado alguns processos só serão explícitos se relacionados por diversos conjuntos de hipóteses e

formulações interligadas ou inter-relacionadas. A introdução de variáveis sócio-econômicas também é outro fator complicativo na modelagem, pois na maior parte das vezes, não podem ser associadas como estruturas matemáticas, devendo ser tratadas como vetores de tendências, constantes a serem adicionadas ou elementos de ponderação para o processo.

Segundo a IGPB (1990), é importante deixar claro que os modelos ambientais são na melhor das hipóteses, uma simplificação dos processos do mundo real. Desta forma a realidade é apenas aproximada pelo modelo, porém um perito, utilizando um modelo, juntamente com o seu conhecimento do assunto, pode gerar novas informações úteis, de interesse científico e aplicado.

O conceito de modelo ambiental que será referenciado neste capítulo não possui uma definição explícita, sendo usado de uma forma genérica. Grande parte dos modelos são apresentados como modelos atmosféricos, hidrológicos, de dinâmica de ecossistemas, entre outros.

6.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

Os modelos podem ser classificados, em princípio, em três grandes categorias: em escala, conceituais e matemáticos (HIRVONNEN, 1971; MIKHAIL, 1976, STEYART, 1993). Os modelos em escala possuem apenas uma transformação de escala. Como exemplos podem ser citados os modelos reduzidos hidrológicos (barragens, comportamento de áreas costeiras, portos), modelos aeronáuticos em túnel de vento, entre outros. Estes modelos são subdivididos em modelos analógicos, nos quais se enquadram os mapas e cartas topográficas, incluídas as transformações das informações geográficas aplicadas, bem como a sua representação gráfica. Os modelos conceituais são aqueles utilizados na modelagem de processos, mostrando os sistemas, processos e inter-relacionamentos entre subsistemas.

Os modelos matemáticos são subdivididos em experimentais ou empíricos, estocásticos ou probabilísticos e determinísticos. Modelos experimentais são obtidos a partir da observação do fenômeno. Podem possuir uma estrutura matemática associada, obtida por processos empíricos ou não, única e exclusivamente através do estudo comportamental das observações ou resultados dessas observações sobre o fenômeno. Modelos estocásticos ou probabilísticos são aqueles que contém no mínimo um processo estocástico, representado por uma ou mais variáveis aleatórias associadas. Apresenta como resultado também uma variável aleatória e a estrutura matemática, que pode ser desenvolvida, é definida pelo comportamento das variáveis aleatórias inerentes ao processo. Os modelos determinísticos, por sua vez, possuem uma estrutura matemática perfeitamente desenvolvível, onde para cada conjunto de dados de entrada, será sempre obtido um conjunto único de resultados (LAW & KELTON, 1982). Normalmente os processos físicos ambientais estão associados à modelos determinísticos e os modelos estocásticos são baseados em análise empírica das observações, associando-se um modelo de comportamento de uma variável aleatória..

Tanto os modelos determinísticos, como os estocásticos podem ser subdivididos em modelos estáticos ou dinâmicos. Os modelos dinâmicos possuem pelo menos um termo que seja função da variável tempo, enquanto que os modelos estáticos não possuem nenhum componente temporal.

Ainda pode-se associar aos modelos estáticos, os modelos diagnósticos, que representam os relacionamentos sem componentes temporais, ou para um determinado ponto fixo no tempo. Os modelos prognósticos, por sua vez, são aqueles utilizados para predição de relacionamentos de variáveis, seja através do estudo da variação de seus componentes, como pela sua ação em um sistema dinâmico, possuindo componentes temporais (HIRVONNEN, 1971; MENEZES, 1981).

Os sistemas de informações geográficas (SIG) trabalham com modelos analógicos discretizados e digitalizados, implicando em uma integração entre os modelos analógicos, matemáticos e gráficos. Por si só, estes sistemas podem ser vinculados como

modelos ambientais e modelos geocológicos, uma vez que permitem a integração e o relacionamento de variáveis geo-biofísicas e sócio-culturais, o que caracteriza a estruturação da Geocologia, pela sua própria definição. A figura 6.1 mostra esquematicamente a estrutura de organização dos modelos apresentados.

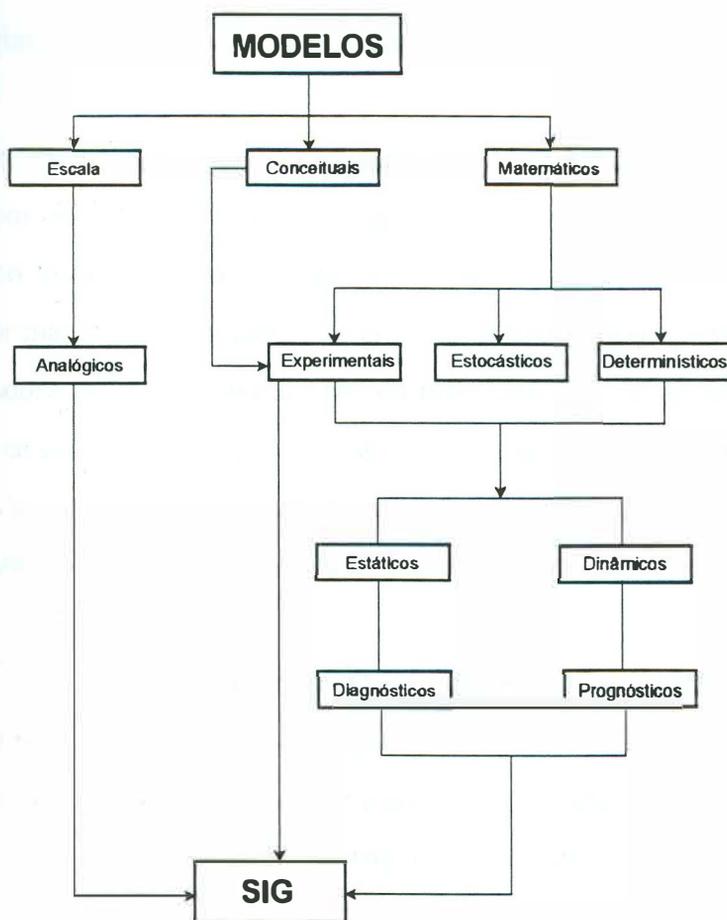


Figura 6.1 - Estrutura dos modelos matemáticos

6.2 MODELO DIGITAL DA PAISAGEM E MODELO DIGITAL CARTOGRÁFICO

As informações geocológicas e ambientais, para serem manipuladas pelos Sistemas de Informações Geográficas, devem ser tratadas de forma a se adaptarem à estrutura digital, através de suas características geométricas, tais como pontos, linhas e áreas, bem como

sua posição geográfica e seus atributos não gráficos, que as qualificam. Transformar o mundo real para um ambiente computacional não é uma tarefa simples, exigindo uma modelagem ou uma transformação estabelecendo o relacionamento, não só entre o mundo real e a informação, como também ao ambiente computacional.

Sob este enfoque KRAAK & ORMELING (1996) conceituam o modelo digital da paisagem, MDP (*DLM – digital landscape model*), como sendo o conjunto de dados armazenados para o estudo de uma área geográfica específica.

Outro conceito, também ligado ao apresentado por KRAAK & ORMELING(1996), foi estabelecido por JOÃO (1998), no qual apresenta o MDP primário como sendo um termo genérico para caracterizar uma descrição abrangente da paisagem, definida geralmente por mapas topográficos de referência, estabelecendo a aquisição primária de informações sobre a área geográfica em estudo. Este modelo já possui um grau de generalização na sua forma de representação, seleção das informações e de abstrações do mundo real. Associado ao MDP primário é estabelecida uma base de dados, com precisão e acuracidade relativa à informação que será processada.

Do MDP primário poderão ser derivados outros MDP, denominados secundários (JOÃO, 1998), através de modelos de generalização, onde serão apresentadas apenas as informações sujeitas à análise, descrevendo e representando mapas temáticos de diferentes fenômenos espacialmente distribuídos. Os modelos de generalização são processos de filtragem da informação, de acordo com BRASSEL & WEIBEL (1988), utilizados não para visualização ou representação, mas exclusivamente para manipulação da informação. Os MDP secundários serão usados para análise e não para representação da informação, de modo que a precisão e acuracidade da informação será um melhor parâmetro de avaliação do que a escala de aquisição, indicando tanto o nível de detalhamento que poderá ser esperado da informação, como também o erro máximo da base de dados.

Ambos os MDP, primário e secundários podem ser utilizados para criar uma representação cartográfica, constituída pelo modelo digital cartográfico MDC (*DCM - digital cartographic model*), (KRAAK & ORMELING, 1996; JOÃO, 1998), consistindo das instruções e transformações dos elementos geométricos para representação do modelo digital da paisagem. O MDC está associado à base de dados e precisões associadas aos MDP e outros MDC que estejam incorporados para a sua geração. A transformação do MDP para os MDC é realizada segundo os conceitos já estabelecidos da generalização cartográfica. O resultado final impresso de um modelo cartográfico digital é um mapa. A figura 6.2 apresenta o relacionamento entre MDP e MDC.

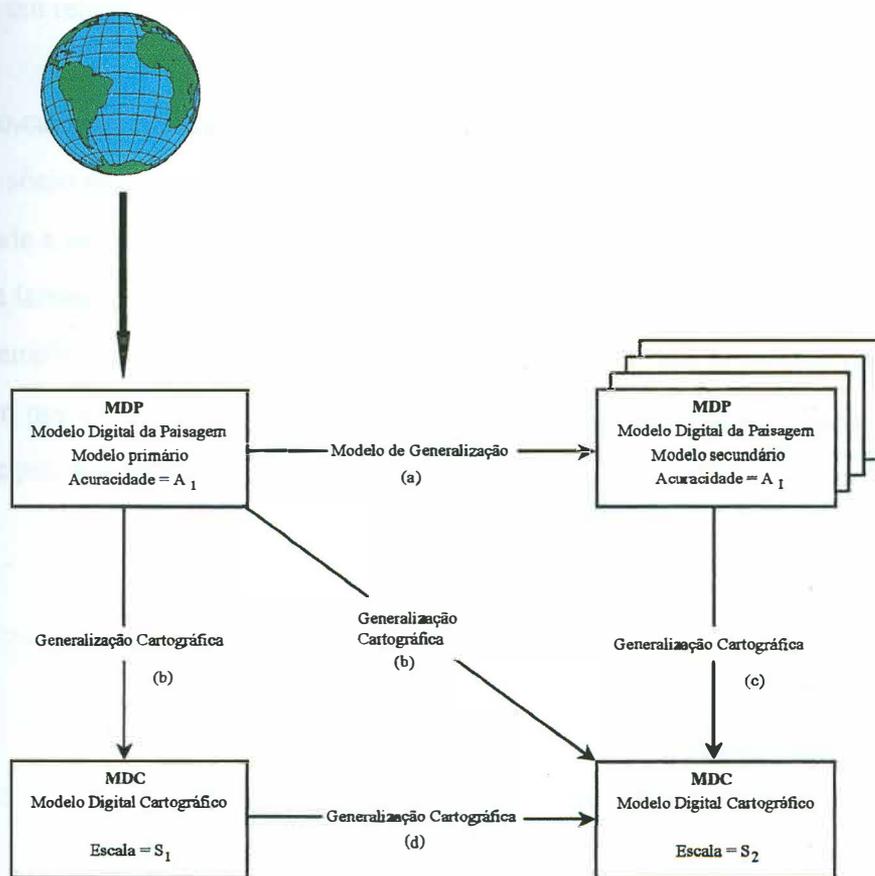


Figura 6.2 – Relacionamento MDP e MDC

Sob este enfoque, as informações de entrada em um SIG são definidas como modelos digitais da paisagem primários; os de manipulação e análise, modelos digitais da paisagem secundários e a apresentação de resultados definem os modelos digitais cartográficos.

6.3 INFORMAÇÕES AMBIENTAIS E MODELAGEM MATEMÁTICA AMBIENTAL

As componentes sócio-econômicas da paisagem, determinarão sempre modelos discretos, uma vez que suas ocorrências serão sempre pontuais. São, no entanto, caracterizadas por uma aglutinação das informações, confinadas em limites preestabelecidos (setores, bairros, regiões administrativas, estados). Desta forma estarão sofrendo influência direta dos processos de generalização cartográfica na observação das informações, em relação à escala na qual estejam sendo representadas.

Neste aspecto cabe apresentar o conceito de setores censitários, cujo objetivo é reunir as informações sócio-econômicas segundo áreas que possuam características de maior homogeneidade e associadas ao número de habitantes do local. Os setores apresentam-se portanto com tamanho bastante variável, podendo ser definidos pela área de um edifício, como por exemplo o Ed. Praia Vermelha, no bairro da Urca, Cidade do Rio de Janeiro, como também por áreas bastante extensas, como pode ser observado na zona oeste do mesmo município, figura 6.3 a e b.



Figura 6.3 a) Setores censitários na Zona Oeste b) Setores censitários na Praia Vermelha

Também existe a possibilidade da união de setores não se limitar à área de bairros ou regiões administrativas, ou outra qualquer, exceto em relação aos limites municipais. Podem ser verificados quais os setores contidos em um determinado limite administrativo, aglutinando as informações dos setores para o novo limite, levando-se em consideração as alterações que ocorrerão devido à áreas e escala diferentes de observação.

No caso de informações qualitativas, ocorrerá uma situação semelhante às informações sócio-econômicas. Elas também estarão representadas, confinadas em suas áreas de ocorrência, ou ao longo de linhas, no caso de fenômenos lineares. Exemplos podem ser dados através da vegetação, uso do solo, hidrografia, rede viária, entre outros.

Informações quantitativas podem ser associadas através da base de dados à cada elemento gráfico, como por exemplo diâmetro de tronco de espécies, composição de solo, velocidade de corrente, porém também estarão restritas aos locais de ocorrência ou amostragem do fenômeno. Exemplos bastante significativos podem ser vistos através da representação de precipitação pluviométrica ou da declividade. A precipitação é obtida através de interpolação das informações pluviométricas das estações meteorológicas, discretas portanto, interpoladas para serem visualizadas como informação contínua sobre a superfície terrestre. A declividade, por sua vez, é normalmente gerada através de um modelo digital de elevação, e/ou de um modelo matemático adequado.

Tentativas de estabelecer uma modelagem matemática do ambiente existem, porém, por menor que seja o geocossistema envolvido, as complexidades das componentes físicas, bem como dos elementos pontuais ou discretos das variáveis sócio-econômicas, praticamente impedem essa prática, sem que sejam incluídas nos modelos hipóteses simplificadoras de tal ordem, que venham a mascarar ou transformar as respostas do modelo, face ao comportamento real dos processos modelados.

Existe a alternativa de se efetuar uma decomposição do ambiente em componentes mais simples e ou em processos menos complexos que o todo, segundo os quais pode-se

estudar separadamente cada um deles. Estes elementos podem ser estruturados e traduzidos por meio de modelos matemáticos adequados, com simplificações que não deturpem tanto o fenômeno. Deve porém ser ressaltado, que é possível uma perda substancial de informação com esse tipo de análise, pois a abordagem sistêmica, exigida na maior parte das vezes nas análises ambientais será praticamente suprimida do processo.

6.4 CONCEITO DE ERRO

Tomando-se um modelo de um processo, que tenha por objetivo a simulação ou a representação da realidade, seja ele de qualquer tipo dentre os apresentados, pode-se facilmente concluir que sempre existirá um diferença entre a situação real de ocorrência na superfície terrestre e o modelo. A grande maioria dos dados e das informações utilizadas em um modelo, provêm de observações, que podem ser obtidas através de instrumentos específicos, deduzidos pela aplicação de formulações matemáticas de transformação, ou captadas através de métodos apropriados. Muitas vezes a sua utilização em um SIG, só será possível após um processamento adequado à cada tipo de informação, para que possa ser incorporada à base de dados de um projeto ou estudo.

Um dos aspectos importantes que deve ser sempre considerado para quaisquer tipos de dados e informações observadas, consiste no fato de que nenhuma observação é exata, principalmente aquelas oriundas de processos de medição instrumental. Dados sócio-econômicos poderão ter desvios em relação à escala de representação, logo não será exagero afirmar que todas as observações contém algum tipo de erro ou de desvio da realidade (MIKHAIL, 1981; HIRVONNEN, 1971; WOLF & GHILANI, 1997).

Por definição (HIRVONNEN, 1971; BJERHAMMAR, 1973; WOLF & GHILANI, 1997), erro é a diferença entre um valor observado, de qualquer quantidade e o seu valor verdadeiro, segundo a expressão:

$$\varepsilon_i = x_i - \mu$$

6.1

onde ϵ_i é o valor do erro da observação; x_i é o valor observado e μ o valor verdadeiro da grandeza medida. Pode-se, desta forma, estender o conceito à diferença entre a representação e o mundo real.

6.5 ANÁLISE DE OBSERVAÇÕES E RESULTADOS

A análise e conclusões sobre um conjunto de observações, ou resultados provenientes de observações pode ser efetuada por processos gráficos e numéricos, permitindo obter uma visão do comportamento e tendências comportamentais do conjunto (WOLF & GHILANI, 1997; SILVA, 1999).

Os elementos de análise das observações permitem extrair as informações relevantes para o estudo. Os principais elementos estão apresentados abaixo:

Tabela 6.1 - Estatísticas principais de análise de resultados

Elemento	Conceito
Média aritmética	Valor mais provável de um conjunto de observações
Expectância de uma função ou variável aleatória	valor médio da função
Variância de uma função ou variável aleatória	estabelece a precisão ou a dispersão de um conjunto de observações
Erro padrão e desvio padrão	mostram o afastamento do valor médio do conjunto ou da função.
Covariância:	define a tendência de duas funções de variarem em conjunto ou não. Variáveis, se independentes entre si, serão não correlacionadas e a covariância será nula
Correlação linear	define se a correlação é ou não linear, variando no intervalo [-1, 1].

6.6 PROPAGAÇÃO DE ERROS

Uma função será unidimensional univariada, se for expressa em termos de uma variável livre e uma dependente, do tipo:

$$u = f(x) \quad 6.2$$

Se x for uma variável aleatória, μ também o será. Por sua vez, se houver uma relação linear entre μ e x , o erro δ de μ pode ser expresso em função do erro ε de x e de sua primeira derivada (HIRVONNEN, 1971), sendo que a esta derivada primeira caracteriza o primeiro termo da expansão da função em série de Taylor, caso não seja uma função linear. Logo:

$$\delta = \varepsilon \frac{du}{dx} \quad 6.3$$

ou

$$\sigma_u = \sigma_x \frac{du}{dx} \quad 6.4$$

O conceito de função bivariada unidimensional estabelece a existência de uma variável dependente para duas variáveis independentes, da forma:

$$u = f(x, y) \quad 6.5$$

Com as mesmas considerações estabelecidas para as funções univariadas, pode-se obter o erro de μ , em função dos erros de x e y (HIRVONNEN, 1971; GEMAEL, 1973a; WOLF & GHILANI, 1997), conforme pode ser apreciado na expressão 6.6:

$$\sigma_u = \sigma_x \frac{\partial u}{\partial x} + \sigma_y \frac{\partial u}{\partial y} \quad 6.6$$

Pelas definições de variância e covariância, a expressão pode ser desenvolvida para a variância de μ

$$\sigma_u^2 = \sigma_x^2 \left(\frac{\delta_u}{\delta_x} \right)^2 + \sigma_y^2 \left(\frac{\delta_u}{\delta_y} \right)^2 + \sigma_{xy} \frac{\delta_u}{\delta_x} \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad 6.7$$

O último termo será nulo caso as funções x e y sejam independentes (WOLF & GHILANI, 1997).

Por extensão, os mesmos conceitos podem ser atribuídos à uma função unidimensional multivariada, definindo a “lei especial de propagação das variâncias em variáveis aleatórias multivariadas” (HIRVONNEN, 1971, WOLF & GHILANI, 1997)

$$\mu = f(x, y, z, \dots, t) \quad 6.8$$

$$\sigma_u^2 = \sigma_x^2 \left(\frac{\delta_u}{\delta_x} \right)^2 + \sigma_y^2 \left(\frac{\delta_u}{\delta_y} \right)^2 + \dots + \sigma_t^2 \left(\frac{\delta_u}{\delta_t} \right)^2 + \sigma_{xy} \frac{\delta_u}{\delta_x} \frac{\delta_u}{\delta_y} + \dots + \sigma_{xt} \frac{\delta_u}{\delta_x} \frac{\delta_u}{\delta_t} \quad 6.9$$

Através destes mesmos conceitos, pode-se estabelecer segundo HIRVONNEN (1971) e WOLF & GHILANI (1997), o correlacionamento entre duas funções ou variáveis aleatórias. Analisando-se o problema segundo duas funções μ e ν , que possuam mesmas variáveis independentes, da forma

$$u = f(x, y, z, \dots, t)$$

$$v = g(x, y, z, \dots, t) \quad 6.10$$

a covariância entre as duas funções pode ser obtida pela expressão:

$$\sigma_{uv} = \sigma_x^2 \frac{\delta_u}{\delta_x} \frac{\delta_v}{\delta_x} + \sigma_y^2 \frac{\delta_u}{\delta_y} \frac{\delta_v}{\delta_y} + \dots + \sigma_{xy} \left(\frac{\delta_u}{\delta_x} \frac{\delta_v}{\delta_y} + \frac{\delta_u}{\delta_y} \frac{\delta_v}{\delta_x} \right) \quad 6.11$$

Pela expressão 6.11, pode se observado que mesmo que as variáveis independentes das duas funções não sejam correlacionadas, implicando em uma covariância nula entre elas, haverá sempre o correlacionamento entre as funções, bastando para isto, que exista pelo menos uma variável comum entre elas.

Estendendo os conceitos já emitidos, pode-se conceituar uma função multivariada multifuncional, como uma função da forma

$$Y = F(X) \quad 6.12$$

onde Y representa um vetor de funções e X um vetor de variáveis componentes das funções, sendo a forma expandida representada pela estrutura matricial 6.13:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) \\ f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) \end{bmatrix} \quad 6.13$$

Desta forma cada função μ_i , componente da função multidimensional, possui variância e covariâncias associadas duas a duas, podendo-se então montar uma matriz, quadrada, simétrica, positiva-definida, cuja diagonal principal será composta pelas variâncias de cada função μ e os demais elementos pelas covariâncias das funções duas a duas, daí a simetria da matriz, uma vez que $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$. Esta matriz é definida como **matriz variância-covariância** (HIRVONNEN, 1971; GEMAEL, 1973a; MENEZES, 1981; WOLF & GHILANI, 1997).

$$\sum y = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \quad 6.14$$

6.7 LEI GENÉRICA DA PROPAGAÇÃO DAS VARIÂNCIAS

Tomando-se uma função multidimensional multivariada da forma

$$Y = F(X) \quad 6.15$$

em que Y seja um vetor de funções y_i | ($1 \leq i \leq n$) e X um vetor de variáveis x_j | ($1 \leq j \leq m$), apresentando uma forma linear ou linearizável por expansão em série de Taylor, da forma

$$Y = GX + C \tag{6.16}$$

em que G é a matriz das derivadas parciais da função Y em relação à cada variável do vetor X , confundindo-se com a matriz dos coeficientes se o sistema for linear e C um vetor constante.

Considerando-se as definições de expectância e da matriz variância-covariância, pode-se deduzir a “**lei genérica de propagação das variâncias**” (GEMAEL, 1973a, WOLF & GHILANI, 1997), definida pela expressão

$$\Sigma Y = G \Sigma X G^T \tag{6.17}$$

A interpretação desta expressão define a obtenção da matriz variância-covariância de qualquer modelo matemático, cujas funções possam ser agregadas conjuntamente, seja qual for a sua dimensionalidade e número de variáveis envolvidas. Desta forma pode-se avaliar a propagação de erros de qualquer medida indireta, em função das suas observações diretas e o modelo matemático envolvido. Esta análise permite identificar observações e parâmetros de variáveis dentro de um modelo, que tenha maior ou menor influência no resultado de processos.

Referindo-se ao erro de variáveis ele é expresso pelo erro padrão ou desvio padrão da função da variável. Assim a propagação da variância permite estabelecer a própria propagação dos erros, embutidos dentro de qualquer modelo matemático integrado.

6.8 APLICAÇÃO DA LEI DA PROPAGAÇÃO DAS VARIÂNCIAS EM MODELOS GEOECOLÓGICOS

A aplicação da lei de propagação das variâncias em processos ambientais, que possam ser expressos por modelos matemáticos, é perfeitamente possível, desde que se tome a

Considerando-se como n o número de variáveis componentes dos sistema e m o número de funções envolvidas no processo conjunto, as dimensões das matrizes ΣF_A , Σv_c e G , serão respectivamente iguais a $m \times m$, $n \times n$ e $m \times n$.

6.9 CONCEITO DE PESO DE OBSERVAÇÕES OU VARIÁVEIS

O conceito de peso é ainda bastante polêmico, devido ao caráter subjetivo que pode assumir, uma vez que não existe uma forma linear de determinação de pesos, que possa ser aplicado indistintamente à todos os tipos de observações ou funções. Uma determinada variável, dentro de um contexto, pode apresentar uma influência inteiramente diferente em outro. Por exemplo, declividade alta em solo exposto terá um peso praticamente nulo em relação à mesma declividade em solo desagregado.

Em princípio o conceito de peso é caracterizado como uma medida de qualidade relativa, comparada à outras observações ou variáveis (HIRVONNEN, 1971; MENEZES, 1981; WOLF & GHILANI, 1997). Pode ainda ser utilizada para controlar as correções que devem ser aplicadas às quantidades, caracterizando agora uma maior ou menor influência dessas quantidades no resultado final de um processo (GEMAEL, 1973a; WOLF & GHILANI, 1997). Isto pode ser entendido através de um exemplo com média ponderada. A média simples caracteriza um peso unitário para todas as observações, enquanto que a ponderação faz com que a média se aproxime das observações ou conjuntos de maior peso. A figura 6.4 mostra a variação do valor da média, para um peso unitário e para um peso 3 e unitário para cada um dos valores 6 e 9.



Figura 6.4 - Influência do peso em uma média ponderada

Em termos de precisão, quanto maior for a precisão de um conjunto de observações, maior será o seu peso. Associando portanto a precisão à variância. Quanto maior a precisão, haverá a implicação de uma menor variância (WOLF & GHILANI, 1997). Logo, quanto maior a precisão, menor será a variância e maior o peso, sendo portanto possível associar o peso com uma característica inversa à variância (HIRVONNEN, 1971; WOLF & GHILANI, 1997).

Levando o conceito para o grau de influência de uma variável sobre um processo, pode-se traçar um paralelo com a variância, caracterizando então, que quanto maior a influência dentro do processo ou modelo matemático associado, maior será o peso desta variável (WOLF & GHILANI, 1997).

Em um modelo multidimensional multivariado pode-se então assumir o peso, como inverso da variância, associado à matriz variância-covariância. Define-se a matriz cofatora ou dos coeficientes de peso, pela expressão (WOLF & GHILANI, 1997):

$$Q_X = \frac{1}{\sigma_0^2} \Sigma_X \quad 6.20$$

onde σ_0^2 é um valor arbitrário, com a única finalidade de normalizar a matriz variância-covariância. A matriz peso é então definida como a inversa da matriz cofatora, ou seja:

$$P = Q^{-1} = \sigma_0^2 \Sigma_X^{-1} \quad 6.21$$

A matriz peso pode então ser vinculada tanto em relação à precisão das observações ou das variáveis componentes de um modelo matemático conjunto, como também em relação à influência de cada variável dentro do contexto do processo em análise. Em ambas as situações fica caracterizada a necessidade de se estabelecer um estudo não apenas dentro de cada função que integre o modelo multidimensional, mas também o estudo global dentro de todo o modelo multidimensional do processo em análise. É possível, desta forma a obtenção de uma matriz peso associada à todas as variáveis da

função multidimensional multivariada, podendo-se, inclusive, estabelecer ponderações diferentes para variáveis idênticas, atuando sob diferentes funções.

Pode-se através destes conceitos, estabelecer a “lei geral de propagação de pesos” (GEMAEL, 1973a), aplicadas aos modelos matemático multidimensionais multivariados:

$$P = \Sigma Y^{-1} = [G \Sigma X G^T]^{-1} \quad 6.22$$

7 MODELO DE AVALIAÇÃO DE RESULTADOS EM SIG

7.1 SIG E MODELAGEM DA PAISAGEM

Dentro do que já foi apresentado sobre os sistemas de informações geográficas, pode-se depreender que a estrutura de *hardware*, *software* e a base de dados, integrada sobre um espaço geográfico, permite elaborar um modelo da paisagem desta área. Tendo a base de dados como ponto de partida, obtida através da integração e combinação de diferentes fontes de dados e informações, selecionadas para a sua alimentação. O sistema permite realizar os estudos de análise espacial, entre eles os analíticos-integrativos, sob a ótica geocológica, gerando resultados que podem ser integrados à base de dados, bem como novas informações sobre a mesma área.

A integração dessas informações, juntamente com a capacidade gráfica do SIG de transformar e permitir a sua visualização sob a forma de mapas, define a capacidade de se estabelecer uma modelagem da realidade, através da reprodução pura e simplesmente de ocorrências no mundo real, bem como inter-relacionando conjuntos de ocorrências, buscando respostas comportamentais para os relacionamentos entre variáveis geocológicas. As informações dos elementos da paisagem, generalizadas, adaptadas e tratadas, segundo a visão que a paisagem esteja sendo abordada, introduzida como base de dados do SIG, constituir-se-á em um modelo da paisagem

Um mapa sempre será um abstração da realidade em um dado momento, seja apresentando apenas as ocorrências de fenômenos ou variáveis, ou uma representação de relacionamentos de variáveis, em estudos prognósticos. Dessa forma, um SIG utilizado na construção de um modelo da paisagem, pode ser considerado como um suporte à elaboração de mapas, resultantes da combinação de outros mapas, em virtude da análise espacial, do cenário dinâmico que representam, bem como da agregação de outras informações não gráficas (BONHAM-CARTER, 1994; MEIRELLES, 1997).

Sob esta ótica, o resultado de uma análise realizada através de um SIG, pode ser considerada pela aplicação de uma função, envolvendo uma série de mapas de uma

mesma área geográfica, cada um com o seu significado próprio (BONHAM-CARTER, 1994), da forma:

$$\text{Mapa Resultado} = f(\text{mapas de entrada}) \quad 7.1$$

O mapa resultante ou de saída de resultados de um processo analítico, será resultado de uma função f , aplicada sobre os mapas de entrada, função esta, que pode se apresentar de diferentes formas. Os relacionamentos expressos pela função f , porém, podem ser baseados tanto na percepção teórica de um processo físico ou outro qualquer, como também podem ser baseados em percepções empíricas oriundas da determinação comportamental da observação de dados, ou mesmo uma combinação destas duas hipóteses (LAURINI & THOMPSON, 1992; BONHAM-CARTER, 1994; BURROUGH & MACDONNEL, 1998).

A função f que permitirá obter o resultado da análise, deverá ser definida de forma a melhor expressar a realidade ou aspecto da paisagem que se está modelando, tanto através de uma visão diagnóstica como prognóstica. Esta função, dentro da característica analítico-integrativa da geoecologia, deverá permitir a análise dos inter-relacionamentos dos diversos componentes da paisagem que estejam associados em um processo de estudo. Este modelo é semelhante ao modelo de BONHAM-CARTER (1994), em que cada mapa é definido como uma variável da função f dentro do processo. Associando-se ao conceito de função multivariada, estabelecido no capítulo 6, cada mapa pode ser caracterizado como uma das variáveis componentes da função, como pode ser apreciado na expressão 7.2:

$$M_R = f(m_1, m_2, \dots, m_n) \quad 7.2$$

onde M_R é o mapa resultado e m_i define os mapas componentes do processo.

Porém um mapa, está sempre representando uma estrutura comportamental de um aspecto determinado da paisagem, por exemplo, declividade, tipo de solo, vegetação, isoietas, entre outros, através de um processo de simbolização e confinamento das

informações de diferentes variáveis ou de diferentes classes de uma mesma variável, em áreas de ocorrência. Cada mapa representa um ou mais elementos da paisagem, que podem ser de característica contínua ou discreta, sendo portanto visualizado através de métodos cartográficos de representação da informação: isopletras, coropletras, dasimétricos, entre outros. Em todos os casos, as informações estarão divididas em classes de ocorrências, que é de representação mais fácil do que as abstrações de representações contínuas, para que sejam aplicados os processos de análise espacial. Esta estrutura é aplicada às informações de área, na qual se baseia o processo analítico a ser proposto.

7.2 MODELOS DE ANÁLISE

Dentro da análise booleana de *overlays*, através da aplicação de operadores lógicos, o cruzamento de mapas pode ser desenvolvido pela simples aplicação do operador lógico, ou do processo denominado *overlays* ponderados (BONHAM-CARTER, 1994). No método analítico simples será considerado apenas o resultado da operação booleana sobre o cruzamento de informações. Na figura 7.1a, foi utilizado o operador booleano .AND. aos mapas (a) e (b), resultando nas duas classes definidas pela intercessão das duas áreas, no mapa (c). Na figura 7.1b, foram atribuídos dois tipos de pesos aos mapas (a) e (b): o primeiro diz respeito à um peso de classe, onde são ponderadas as classes componentes dos mapas, definindo uma hierarquia entre as classes; o segundo caracteriza o peso do mapa no processo analítico. Este tipo de abordagem permite a criação de um maior número de classes no mapa resultante, que pode perfeitamente ser submetido a um processo de reclassificação, para aglutinação das novas classes.

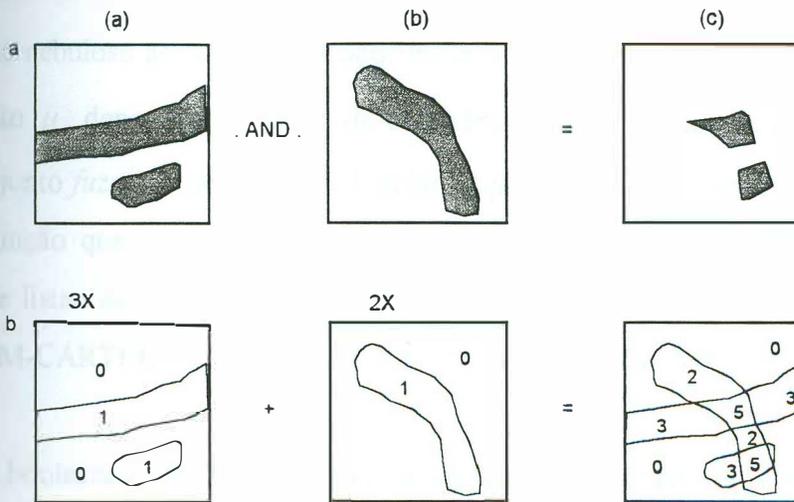


Figura 7.1 Análise booleana simples e *overlay* ponderado (Adaptado de JONES, 1997)

De uma maneira geral, o resultado de um processo de overlays ponderados será definido pela expressão

$$\sum_{i=1}^I p_i * x_{ij}^k \quad 7.3$$

onde x_{ij}^k é o peso da classe j do mapa ou *overlay* i , na célula k (quando a estrutura for matricial) e p_i é o valor do peso do mapa ou *overlay*.

A lógica *fuzzy* ou nebulosa permite uma análise mais flexível nas combinações ponderadas, evitando a definição de classes, estabelecidas por limites booleanos, ou seja, pertencer ou não pertencer à um polígono de contorno. Esta é uma situação irreal em uma grande maioria de casos, tais como aplicações geológicas, delimitação de tipos de vegetação, determinação de domínio de uma espécie, entre outros, principalmente quando a representação se dá em uma escala geográfica pequena, caracterizando uma área geográfica pequena, necessariamente representada cartograficamente por uma escala grande. Nesse aspecto, os domínios de delimitação de ocorrências discretas, explicitamente as de representações dasimétricas, são indefinidos ou existe uma área de aglutinação das ocorrências limitrofes.

O conceito nebuloso associa à cada ocorrência x , um valor $\mu(x)$, fornecido através de uma função μ , denominada função de pertinência. O par ordenado $[x, \mu(x)]$ é definido como conjunto *fuzzy* ou nebuloso. A função de pertinência pode ser aderente à qualquer tipo de função que se adapte à ocorrência modelada, podendo ser expressa também através de listas de valores ou tabelas, que possam descrever o fenômeno estudado (BONHAM-CARTER, 1994; JONES, 1997; BURROUGH & MACDONNEL, 1998).

Na teoria booleana clássica, a pertinência de um elemento em um conjunto é definida como falsa ou verdadeira, 0 ou 1. Em um conjunto nebuloso, a pertinência é definida em uma escala contínua, variando de 0 (não pertencente), a 1 (pertencente). A faixa contida entre esses dois valores define a área nebulosa, difusa, limite entre duas ocorrências distintas, de onde parte-se da ocorrência total de A e nenhuma ocorrência de B, para nenhuma ocorrência de A e total ocorrência de B. A figura 7.2 mostra um esquema genérico de pertinência de um conjunto nebuloso.

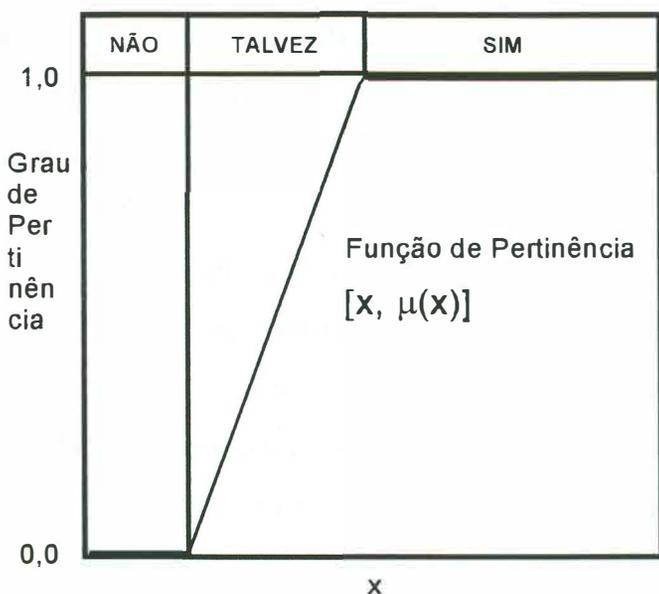


Figura 7.2 - Esquema genérico de pertinência de um conjunto nebuloso

Existem evidentemente vantagens e desvantagens da aplicação de cada um desses modelos. Entretanto, não é objetivo deste trabalho compara-los, apenas mostrar que existem diferentes modelos de análise em SIG, e não apenas estes. Porém,

indiferentemente ao modelo ou processo de análise que venha a ser efetuado sobre um conjunto de variáveis, esta análise se fará sobre as informações contidas nas áreas das classes de cada mapa componente, bem como o resultado também se dará como um mapa, independentemente do modelo de análise, definindo novas áreas, às quais as novas informações estarão associadas..

7.3 UMA NOVA FERRAMENTA DE APOIO À ANÁLISE DE RESULTADOS

O objetivo principal desta fase do trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta, que permita prover uma avaliação dos resultados de um processo analítico em um sistema de informações geográficas, independentemente do modelo de análise que tenha sido utilizado para gerar os resultados e independente também do *software* utilizado como base do sistema. Esta ferramenta é baseada na estrutura do SIG como uma função envolvendo variáveis componentes (mapas e classes de variáveis) e em uma propagação de influência, ou pesos, das classes pertencentes à cada mapa envolvido no referido processo. Esta ferramenta define a correlação existente entre os resultados em qualquer fase do processo analítico, bem como estabelece uma hierarquia entre os diversos resultados apresentados.

Os resultados de processos analíticos em um SIG são definidos por uma função sobre um conjunto de mapas, segundo BONHAM-CARTER (1994). Por sua vez, qualquer processo de análise espacial, desenvolver-se-á sobre o relacionamento dos elementos componentes de cada mapa, que poderão ser definidos por classes de uma determinada variável ou ocorrências discretas de uma ou mais variáveis. De uma forma ou de outra, cada um desses componentes de mapa, estarão sempre vinculados e confinados a áreas delimitadas em cada um dos mapas.

Por outro lado, os resultados serão também traduzidos por mapas, tantos quantos forem necessários para definir as respostas do processo analítico, cada um deles também com os seus elementos ou classes componentes definidas pelas áreas de representação.

Em algum momento do processo analítico, ou mesmo ao seu final, haverá um conjunto de respostas das diversas consultas elaboradas ao sistema, definindo o conjunto de resultados da análise. Evidentemente que existe um relacionamento desses resultados, pois além de provirem da mesma base de dados, estão relacionados à mesma área geográfica.

Estes resultados por sua vez são obtidos sem que haja uma estrutura que permita relacioná-los objetivamente entre si. A avaliação é quase sempre exclusivamente subjetiva, através do que é apresentado no mapa resultado. Não existem elementos, que permitam estabelecer aspectos conclusivos entre vários processos analíticos que estejam sendo desenvolvidos, tampouco a possibilidade de verificação de uma hierarquia ou existência de prioridades entre os resultados. Assim, os principais objetivos que a ferramenta de apoio à análise de resultados se propõe, são os seguintes:

- possibilitar a determinação do grau de correlação existente entre os mapas ou informações geradas no processo analítico;
- possibilitar a definição de prioridades e hierarquias associadas aos diversos níveis do processo analítico;
- possibilitar a verificação de alteração de resultados, obtidos com modificações de influência de variáveis, sem que seja necessária a realização de um novo processo de análise;
- verificar a influência de uma mesma variável em diferentes processos analíticos.

7.4 O MODELO FUNCIONAL APLICADO–METODOLOGIA DE TRABALHO

A estrutura proposta por BONHAM-CARTER (1994) servirá de base para o desenvolvimento da ferramenta de análise de resultados. A figura 7.3 mostra esquematicamente o modelo em que é baseado o desenvolvimento da ferramenta. A área de cada mapa é fixa e invariante, sendo igual a soma das áreas de cada ocorrência ou classe de variável do mapa. A área de cada ocorrência ou classe do mapa resultado é

obtida a partir do processo analítico, definido pela função ou funções aplicadas aos mapas componentes do processo. Desta forma, a área de cada classe do mapa resultado, será determinada pelas contribuições das áreas dos mapas componentes, mesmo que após o processo de análise tenha havido algum tipo de reclassificação dos resultados.

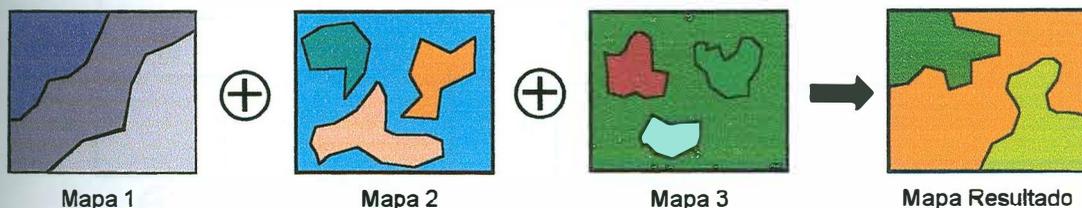


Figura 7.3 - Modelo Funcional de Classe

Deste modo, o modelo apresentado na expressão funcional 7.2, será modificada para a expressão funcional 7.4, como se segue:

$$A_R = f(Am_i^j) \quad 7.4$$

onde A_R define a área de cada classe ou ocorrência do mapa resultado e Am_i^j as áreas das classes ou ocorrências j do mapa i , componente do processo.

Esta estrutura mostra como pode ser associada a estrutura funcional para uma análise específica, porém o modelo funcional completo para um SIG, envolve várias análises simultâneas ou em conjunto sobre a base de dados, onde em processos analíticos diferentes, podem existir a concorrência de variáveis ou mapas comuns a duas ou mais análises. Esquemáticamente, o modelo pode ser visualizado pela figura 7.4.

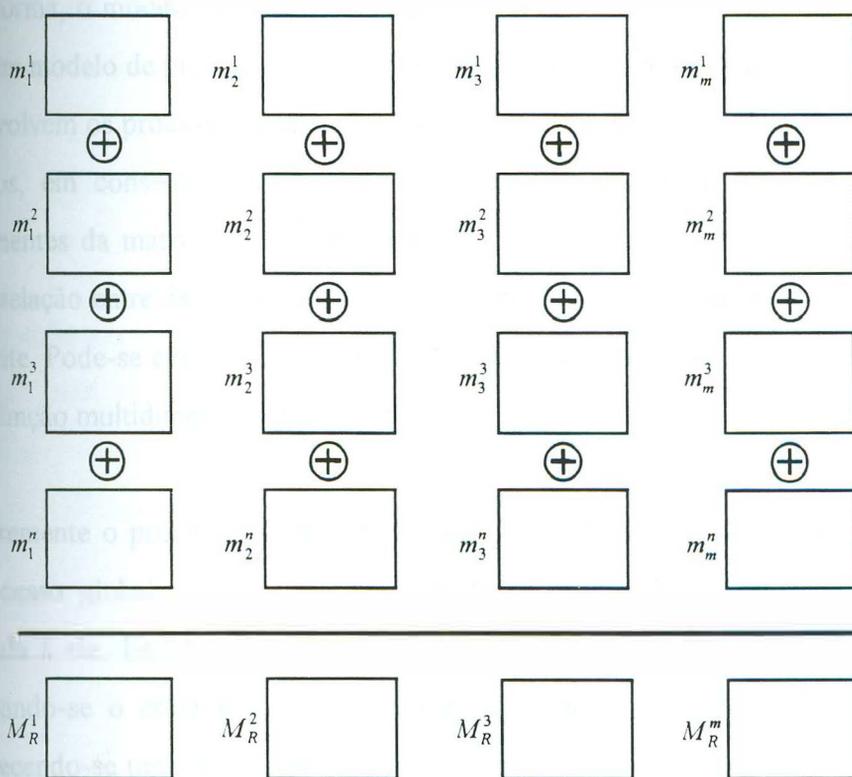


Figura 7.4 - Esquema do modelo funcional completo do SIG

Cada mapa resultado M_R^i , resposta de um processo analítico sobre um conjunto de mapas componentes, é função dos mapas componentes, que por sua vez estão divididos nas áreas de ocorrência ou classes, então, de forma global, a área de cada classe ou ocorrência do resultado de uma análise, será função de todas as classes dos mapas componentes pertencentes à base de dados. Evidentemente, as contribuições serão restritas àquelas envolvidas nos processos analíticos específicos.

Assim é possível dentro deste modelo, considerar as classes ou ocorrências como as variáveis de uma função global e a partir de uma análise conjunta de todo o processo analítico, estabelecer o grau de influência que cada classe terá nas respostas em cada fase do processo. A expressão 7.5 mostra este relacionamento, que é definido por uma função multidimensional multivariada da forma:

$$A_k = F(a_j^i) \quad 7.5$$

Desta forma, o modelo se propõe à uma adaptação da lei de propagação de variâncias, sobre um modelo de propagação de áreas. Não serão correlacionados erros, mas as áreas que envolvem os processos analíticos, uma vez que os mapas serão considerados isentos de erros, em consequência as áreas de cada variável serão consideradas como as componentes da matriz de derivadas parciais, ou dos coeficientes, uma vez que neste caso a relação entre as áreas é linear, pois a soma de todas as áreas será sempre única e invariante. Pode-se então aplicar com facilidade a lei geral da propagação das variâncias, à esta função multidimensional multivariada.

Evidentemente o processo de determinação e associação das influências de cada classe no processo global é e será sempre um ponto fraco, devido à subjetividade que é associada à ele. Essa determinação é desenvolvida à posteriori ao processo analítico, examinando-se o conjunto de variáveis e ocorrências, com suas classes respectivas, estabelecendo-se uma matriz de influência, com dimensão definida pelo número total de classes. A análise conjunta, sistêmica de todos os elementos, por especialistas que possam determinar esta matriz é essencial para a sua determinação. Este talvez seja o ponto mais crítico da proposta, pois necessita do concurso de pessoal humano com amplo conhecimento do trabalho que esteja sendo executado, para que seja possível o estabelecimento de uma matriz de influência que mais se adapte ao processo, notada como I_p ou I_T , conforme esteja relacionada à correlação de variáveis ou mapas.

Não se deseja denominar aqui esta matriz como sendo a matriz peso associada, para não confundir com o conceito de peso existente nos processos analíticos da grande maioria de SIGs.

Associando-se os conceitos de ponderação apresentados no capítulo 6, a matriz de influência contém uma visão geral de todas as variáveis e respectivas influências no processo global. Será então esta matriz associada como a inversa de uma pseudo matriz variância-covariância (PMVC), envolvendo as mesmas variáveis, ou seja, as classes e ocorrências dos mapas envolvidos no processo. Assim, a aplicação da lei geral da

propagação das variâncias, permite obter em qualquer momento do processo de trabalho, a matriz de influência propagada.

$$\Sigma a_i = I_p^{-1} \quad 7.6$$

Para o estudo das variáveis, serão consideradas as áreas de contribuição de cada variável para cada uma das áreas definidas nas classes resultados, sendo necessário portanto determinar quais são as áreas de contribuição à cada classe e ao final à cada mapa resultado. Assim a lei geral da propagação das variâncias assume a forma seguinte:

$$\Sigma C_l = G \Sigma a_i G^T \quad 7.7$$

em que Σa_i é a pseudo matriz variância-covariância associada às ocorrências e classes de todos os mapas envolvidos nos processos diversos; G é a matriz das contribuições de área, equivalente à matriz da derivadas parciais ou dos coeficientes e ΣA_R é a pseudo matriz variância-covariância propagada aos resultados.

A inversa desta última matriz traduzirá a matriz de influência propagada ao mapa resultado.

$$I_R = \Sigma A_R^{-1} \quad 7.8$$

7.5 CORRELAÇÃO DE MAPAS

O resultado da combinação de dois ou mais mapas através de uma função espacial ou de um modelo específico, pode ser analisado visualmente, através das associações espaciais entre os elementos componentes da função ou modelo (BONHAM-CARTER, 1994). O conhecimento dessas associações pode ser útil para quantificá-las com resumos estatísticos, seja sob uma visão global, ou por subconjuntos, definidos por algum critério temático ou espacial, como por exemplo classes específicas geradas pelo processo de

associação. Uma análise assim desenvolvida permite estabelecer uma comparação da rigidez entre as associações de pares de mapas, em uma abordagem global de um processo analítico, estabelecido por um SIG.

Este processo porém, devido à BONHAM-CARTER (1994), apenas permite que se estude a correlação, se houver uma quantificação das variáveis componentes associadas. Na realidade ela verifica a correlação dos elementos quantificados, não permitindo que se verifique uma correlação em termos qualitativos. Neste aspecto este trabalho vai se propor a apresentar um modelo que correlacionará quantitativamente as áreas associadas às diversas variáveis, diferentemente do processo de BONHAM-CARTER (1994) e que se combinam para originar uma resposta, com uma área também associada.

Na análise de um resultado assim estruturado, a correlação se dará entre as ocorrências ou as classes distintas, que contribuem para a definição dos mapas resultados de um processo analítico. Já a comparação de resultados de dois processos analíticos diferentes, porém oriundos de uma mesma base de dados, permitirá verificar o correlacionamento entre cada mapa, função das áreas das variáveis do mapa resultado, ou seja a existência de uma variação conjunta de seus elementos e componentes, bem como estabelecer uma hierarquia ou priorização entre os mapas analisados.

A determinação da correlação é particularmente importante para se determinar a espécie de variação que pode ocorrer entre os elementos que mostrem o resultado de um processo analítico, bem como a comparação entre processos analíticos distintos.

Sob esta visão o modelo de análise proposto desenvolve uma estrutura de definição da propagação das influências de cada classe ou ocorrência no resultado de um processo analítico, bem como a análise da propagação de todas as classes ou ocorrências que pertençam à diversos processos analíticos, comparando os resultados distintos de cada processo.

7.6 AVALIAÇÃO TEÓRICA DO MODELO PROPOSTO

Inicialmente foi montado um esquema genérico de análise em um SIG, composto de dois processos analíticos, oriundos de uma mesma base de dados, dentro de um mesmo espaço geográfico.

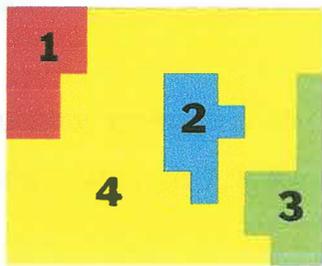
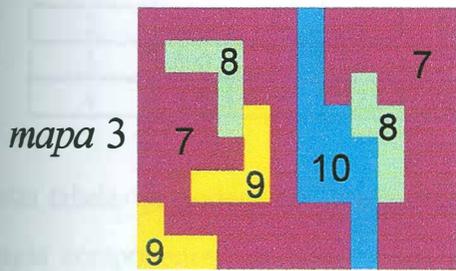
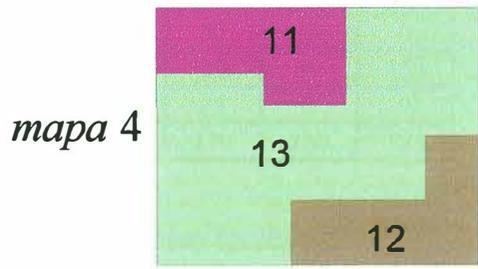
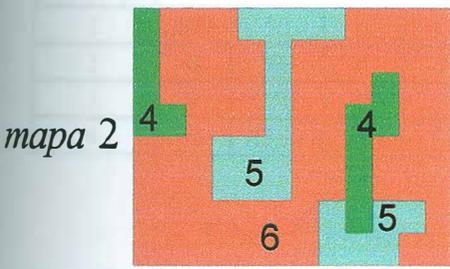
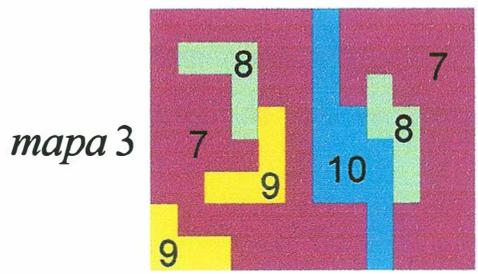
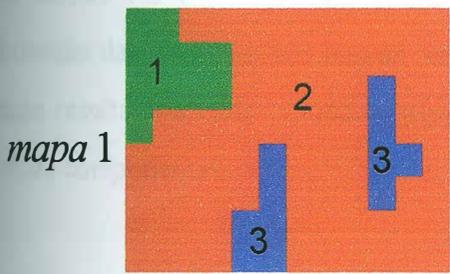
Cada processo consta de 3 (três) mapas, sendo que um deles, o mapa 3, é comum aos dois processos. A figura 7.5 apresenta esquematicamente a distribuição dos mapas e de classes ou ocorrências envolvidas.

Para cada mapa componente do processo genérico, foi considerada uma estrutura matricial (*raster*), por facilidade de representação e associação das áreas envolvidas. Cada mapa é representado por uma área de 40 x 60 *pixels*, perfazendo 2400 *pixels* de área total. Cada mapa possui um determinado número de classes ou ocorrências, doravante denominadas variáveis dos mapas, sobre as quais serão consideradas a propagação para os mapas resultados de cada processo analítico.

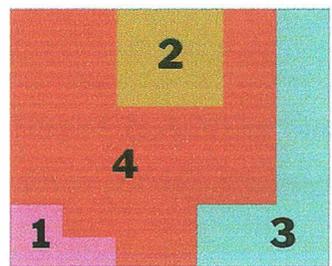
A tabela 7.1 mostra a distribuição de variáveis em cada mapa, bem como as áreas de cada uma delas, nos dois processos analíticos.

Tabela 7.1 - Distribuição de variáveis e áreas dos mapas componentes

Processo Analítico 1			Processo Analítico 2		
Mapa	Variáveis	Área	Mapa	Variáveis	Área
Mapa 1	1	275	Mapa 4	11	425
	2	1850		12	450
	3	275		13	1525
Mapa 2	4	275	Mapa 5	14	475
	5	475		15	175
	6	1650		16	1750
Mapa 3	7	1600	Mapa 3	7	1600
	8	250		8	250
	9	225		9	225
	10	325		10	325
Mapa R 1	R_1^1	250	Mapa R 2	R_2^1	150
	R_1^2	200		R_2^2	300
	R_1^3	275		R_2^3	550
	R_1^4	1675		R_2^4	1400



Resultado Processo 1



Resultado Processo 2

Figura 7.5 - Distribuição esquemática dos processos analíticos, para a avaliação teórica

As tabelas 7.2 e 7.3 apresentam as áreas de contribuição de cada variável, para a formação das variáveis nos mapas resultados. Cada linha corresponde à uma variável do mapa resultado e cada coluna corresponde à área de contribuição de cada variável dos mapas componentes.

Tabela 7.2 - Áreas de contribuição do processo analítico 1

Variável	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	200	50	0	125	0	1250	200	50	0	0
2	0	200	0	25	0	175	25	25	0	150
3	0	250	25	0	50	225	250	25	0	0
4	75	1350	250	125	425	1125	1100	150	250	175

Tabela 7.3 - Áreas de contribuição do processo analítico 2

Variável	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	50	0	100	0	0	0	150	125	0	25
2	225	0	0	75	225	0	75	0	100	200
3	500	0	0	50	0	350	200	0	0	550
4	825	250	125	200	200	100	1100	350	75	975

Estas tabelas já podem ser interpretadas como as matrizes de contribuição de área dos mapas componentes, às classes dos mapas resultados. Corresponde portanto à matriz G do desenvolvimento teórico apresentado, considerando-se a função de área para cada processo analítico isolado.

Ambos os processos apresentam 10 (dez) variáveis, atuando sobre 4 (quatro) variáveis resultado, sendo as variáveis 7, 8, 9 e 10, através do mapa 3, comuns aos dois processos.

O desenvolvimento só poderá ser aplicado após a geração das matrizes de influência das variáveis sobre os resultados das análises, sendo este o ponto mais crítico do modelo, devido à subjetividade que estará sujeita a matriz gerada. O conhecimento do processo analítico, bem como a estruturação da forma de influência de cada variável sobre o resultado final, é essencial para a aplicação do modelo, exigindo o concurso multi e interdisciplinar dos técnicos que estejam envolvidos no trabalho. Para o modelo são necessárias duas matrizes de influência: uma matriz envolvendo apenas as variáveis de cada processo analítico e uma matriz global, envolvendo todas as variáveis que estejam

vinculadas à todos os processos analíticos em estudo conjunto. A tabela 7.4 mostra os valores atribuídos para cada variável do processo, lembrando que nesta avaliação teórica estes valores foram atribuídos aleatoriamente.

Tabela 7.4 - Valores da influência das variáveis nos processos analíticos

Processo Analítico 1		Processo Analítico 2	
Variáveis	Influência	Variáveis	Influência
1	10	11	5
2	20	12	20
3	40	13	30
4	5	14	10
5	60	15	20
6	20	16	50
7	5	7	5
8	10	8	10
9	10	9	10
10	70	10	70

7.6.1 Metodologia de Aplicação do Modelo Teórico

Para a avaliação teórica, foi aplicada a seguinte metodologia:

a – Geração das matrizes de contribuição de área e matriz de área, respectivamente para a análise dos processos e dos resultados.

b – Geração das matrizes de influência, tanto de cada processo, como da correlação de resultados.

c- Aplicação do modelo de propagação.

Obtenção da pseudo matriz variância-covariância, matriz de influência propagada e correlações entre classes e mapas.

d – Análise de resultados.

Cada processo foi trabalhado ainda com uma matriz de influência unitária e a matriz atribuída, para a verificação da diferença entre uma igual influência para todas as classes e outra diferenciada.

Foram utilizados os *softwares* MATHCAD 8 (MATHSOFT, 1997) e MATLAB 5.31 (MATHWORKS, 1999), pertencentes ao Departamento de Engenharia Cartográfica do Instituto Militar de Engenharia e ao Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia da UFRJ, respectivamente. Será apresentado integralmente a propagação de variáveis do processo 1 e a correlação entre os resultados, uma vez que o processo 2 é idêntico ao processo 1.

7.6.2 Correlação e Relevância de Variáveis

a - Matrizes geradas

- Matrizes de Contribuição de Área

Processo 1

$$\begin{pmatrix} 200 & 50 & 0 & 125 & 0 & 1250 & 200 & 50 & 0 & 0 \\ 0 & 200 & 0 & 25 & 0 & 175 & 25 & 25 & 0 & 150 \\ 0 & 250 & 25 & 0 & 50 & 225 & 250 & 25 & 0 & 0 \\ 75 & 1350 & 250 & 125 & 425 & 1125 & 1100 & 150 & 250 & 175 \end{pmatrix}$$

b- Matrizes de Influência - I_c

Diagonal unitária

Influência atribuída: Matriz diagonal (10; 20; 40; 5; 60; 20; 5; 10; 10; 70)

c - Aplicação do Modelo de Propagação com as duas matrizes de influência

- Pseudo MVC com influência unitária

$$\begin{pmatrix} 1.663E+6 & 2.381E+5 & 3.45E+5 & 1.732E+6 \\ 2.381E+5 & 9.5E+4 & 9.625E+4 & 5.275E+5 \\ 3.45E+5 & 9.625E+4 & 1.794E+5 & 8.969E+5 \\ 1.732E+6 & 5.275E+5 & 8.969E+5 & 4.678E+6 \end{pmatrix}$$

- Pseudo MVC com influência atribuída

$$\begin{pmatrix} 9.363E+4 & 1.319E+4 & 2.481E+4 & 1.231E+5 \\ 1.319E+4 & 4.159E+3 & 5.781E+3 & 3.021E+4 \\ 2.481E+4 & 5.781E+3 & 1.828E+4 & 8.542E+4 \\ 1.231E+5 & 3.021E+4 & 8.542E+4 & 4.137E+5 \end{pmatrix}$$

- Valores Normalizados

Sugere-se devido a amplitude dos valores das matrizes, que estas sejam submetidas à uma normalização, dividindo-se cada elemento das matrizes pelo maior valor existente na diagonal principal, assim haverá uma melhor visualização dos resultados, mantendo-se a relatividade entre os valores.

As duas matrizes normalizadas são as seguintes:

Influência unitária

$$\begin{pmatrix} 0.355 & 0.051 & 0.074 & 0.37 \\ 0.051 & 0.02 & 0.021 & 0.113 \\ 0.074 & 0.021 & 0.038 & 0.192 \\ 0.37 & 0.113 & 0.192 & 1 \end{pmatrix}$$

Influência atribuída

$$\begin{pmatrix} 0.226 & 0.032 & 0.073 & 0.298 \\ 0.032 & 0.01 & 0.014 & 0.073 \\ 0.073 & 0.014 & 0.044 & 0.206 \\ 0.298 & 0.073 & 0.206 & 1 \end{pmatrix}$$

Da inversa da pseudo MVC, por sua vez, resulta na determinação da matriz de influência propagada, para o caso as duas geradas e já normalizadas são as seguintes:

Influência unitária

$$\begin{pmatrix} 6.972E-3 & -0.011 & -0.019 & 2.384E-3 \\ -0.011 & 0.216 & 0.161 & -0.051 \\ -0.019 & 0.161 & 1 & -0.203 \\ 2.384E-3 & -0.051 & -0.203 & 0.045 \end{pmatrix}$$

Influência atribuída

$$\begin{pmatrix} 0.011 & -0.026 & -7.816E-3 & 1.779E-4 \\ -0.026 & 0.387 & 0.251 & -0.072 \\ -7.816E-3 & 0.251 & 1 & -0.222 \\ 1.779E-4 & -0.072 & -0.222 & 0.052 \end{pmatrix}$$

7.6.2.1 Interpretação dos Resultados

A pseudo MVC obtida traduz os valores da propagação da inversa da matriz de influência de área. Dentro do conceito de peso como inverso da variância, os elementos da diagonal principal serão interpretados como uma pseudo variância, propagada à cada variável do mapa resultado. Os elementos fora da diagonal principal, desta forma, podem ser interpretados como uma pseudo covariância entre as variáveis do mapa resultado. Pode-se assim determinar o grau de correlação entre essas variáveis, bem como obter-se os valores dos coeficientes de correlação linear entre cada uma delas. A interpretação desses resultados é a mesma de suas definições estatísticas.

Exemplificando, a correlação linear entre as variáveis 1 e 4 é determinada extraíndo-se os valores da PMVC e aplicando-se a equação (7.12), obtendo-se o seu valor:

$$\sigma_{14} = 0,298 \quad \sigma_1 = \sqrt{0,226} \quad \sigma_4 = \sqrt{1}$$

$$\rho_{14} = \frac{\sigma_{14}}{\sigma_1 \sigma_4} = 0,6268$$

A correlação irá variar entre os limites $[-1; 1]$, sendo que quanto mais próxima dos valores limites estiver, maior será a sua capacidade de variação conjunta linear.

A inversa da pseudo MVC irá determinar a matriz de influência propagada às variáveis do mapa resultado.

A interpretação dos valores desta matriz mostra a influência de cada variável, em função da propagação das áreas que contribuíram para a sua formação. Com a matriz normalizada uma variável terá sempre valor unitário, enquanto as demais serão hierarquizadas em relação à ela. No caso em estudo, os valores obtidos foram os mostrados pela tabela 7.5.

Tabela 7.5 - Valores de influência propagados ao mapa resultado do Processo 1

Variável	Influência Propagada	Área da Variável
3	1	275
2	0,387	200
4	0,052	1675
1	0,011	250

7.6.3 Correlação e Relevância de Processos

Do momento que exista mais de um processo analíticos, oriundos de uma mesma base de dados, o modelo proposto permite obter-se a correlação e a hierarquização entre os mapas resultados envolvidos nos processos. O procedimento metodológico para isso, será praticamente o mesmo, com as adaptações necessárias.

Inicialmente a matriz de influência será agora abrangente à todas as variáveis que fazem parte dos processos envolvidos, montada a partir de uma junção e/ou aglutinação das matrizes de influência de cada processo isolado. Se as influências das variáveis comuns forem as mesmas nos processos em estudo, haverá uma aglutinação. Caso as influências sejam diversa, as variáveis deverão ser consideradas como diferentes para cada processo.

No processo 1 a matriz de influência tem ordem 10, englobando as variáveis 1 à 10. No processo 2 a matriz de influência tem também ordem 10, englobando as variáveis 7 à 16. As variáveis comuns são as variáveis 7, 8, 9 e 10, sendo que a influência destas variáveis foram consideradas idênticas nos dois processos. Desta forma a matriz de influência entre os processos será uma matriz de ordem 16, englobando todas as variáveis, ou seja da variável 1 à variável 16.

A matriz de contribuição de área será a base de formação da matriz de área (A_T). Nesta matriz cada coluna estará associada à soma das áreas de cada variável no mapa resultado

de cada processo analítico, enquanto cada linha estará associada à cada um dos processos analíticos.

- Matriz de Área associada aos processos

$$\begin{pmatrix} 275 & 1850 & 275 & 275 & 475 & 1650 & 1600 & 250 & 225 & 325 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1600 & 250 & 225 & 325 & 425 & 450 & 1525 & 475 & 175 & 1750 \end{pmatrix}$$

Observe-se que esta matriz possui dimensões 2 x 16, ou seja duas linhas, correspondentes aos dois processos analíticos e 16 (dezesesseis) colunas, correspondentes às dezesseis variáveis envolvidas nos processos.

- Matriz de Influência - I_T

Será uma matriz diagonal, de ordem 16

$$I_T = \text{diag} \left[10; 20; 40; 5; 60; 20; 5; 10; 10; 70; 5; 20; 30; 10; 20; 50 \right]$$

Com estas duas matrizes geradas, o processo de propagação pode ser aplicado, de forma idêntica à aplicação da correlação de variáveis. Foram obtidos os seguintes resultados, com uma matriz de influência unitária e a matriz atribuída:

a - Matriz de Influência unitária

Pseudo MVC

$$\begin{pmatrix} 9226250 & 2778750 \\ 2778750 & 5774375 \end{pmatrix}$$

Pseudo MVC normalizada

$$\begin{pmatrix} 1 & 0,3012 \\ 0,3012 & 0,6259 \end{pmatrix}$$

Matriz de Influência propagada

$$\begin{pmatrix} 1,1695 & -0,5628 \\ -0,5628 & 1,8686 \end{pmatrix}$$

Matriz de Influência normalizada

$$\begin{pmatrix} 0,6259 & -0,3012 \\ -0,3012 & 1 \end{pmatrix}$$

b – Matriz de Influência atribuída

Os valores obtido, já normalizados foram os seguintes:

Pseudo MVC

$$\begin{pmatrix} 1 & 0,6117 \\ 0,6117 & 0,7848 \end{pmatrix}$$

Matriz de Influência propagada

$$\begin{pmatrix} 0,6259 & -0,3012 \\ -0,3012 & 1 \end{pmatrix}$$

8.6.3.1 Interpretação dos Resultados

A interpretação dos resultados será desenvolvida de forma semelhante à apresentada na correlação de variáveis.

Da pseudo MVC extraem-se as informações de correlação entre os mapas. No exemplo

$$\rho_{12} = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1 \sigma_2} = 0,3807$$

A matriz de influência propagada estabelece a hierarquia quantificada por peso entre os dois mapas, obtidas respectivamente pelos valores:

$$I_1 = 0,7848$$

$$I_2 = 1$$

Assim o mapa 2 apresenta uma maior influência do que o mapa 1, definida pelos valores obtidos.

7.7 AVALIAÇÃO PRÁTICA DO MODELO PROPOSTO

Para a avaliação prática do modelo de análise proposto neste trabalho, foi escolhido o PROJETO sobre ESTUDOS DE QUALIDADE AMBIENTAL DO GEOECOSSISTEMA DO MACIÇO DA TIJUCA, Projeto – Processo 14/000-831/99, desenvolvido pelo Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO), do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, tendo como cliente a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

A escolha deste projeto para a avaliação do modelo foi baseada nos seguintes parâmetros:

- qualidade técnica do projeto e dos resultados alcançados;
- existência de diversos processos analíticos distintos, que permitiriam testar satisfatoriamente o modelo;
- qualidade dos mapas componentes dos processos, bem como dos mapas resultado;
- estar situado em uma área de profundo conhecimento técnico-científico pela equipe que desenvolveu os trabalhos;
- existência de fases distintas, em áreas também distintas, que permitiriam avaliar áreas diferentes sob mesmos parâmetros analíticos.

Não foram trabalhados todos os dados e resultados do Projeto, tendo sido selecionados alguns elementos componentes, agrupando-os da mesma maneira com que foram estruturados nos processos analíticos a que foram submetidos.

Este Projeto teve por objetivo, estabelecer o diagnóstico do estado de qualidade sócio-ambiental da APARU (Área de Proteção Ambiental Rural e Urbana) - Alto da Boa Vista e áreas adjacentes, inseridas no Maciço da Tijuca, como um todo, através de estudos diagnósticos e prognósticos. A finalidade deste estudo é fornecer subsídios para a regulamentação da APARU em apreço, sendo que os estudos prognósticos ainda visam mostrar cenários futuros, uma vez que não sejam implementadas medidas para conduzir o ordenamento territorial em bases sustentáveis. A figura 7.6 mostra a área de abrangência do Projeto, destacando-se o Maciço da Tijuca.

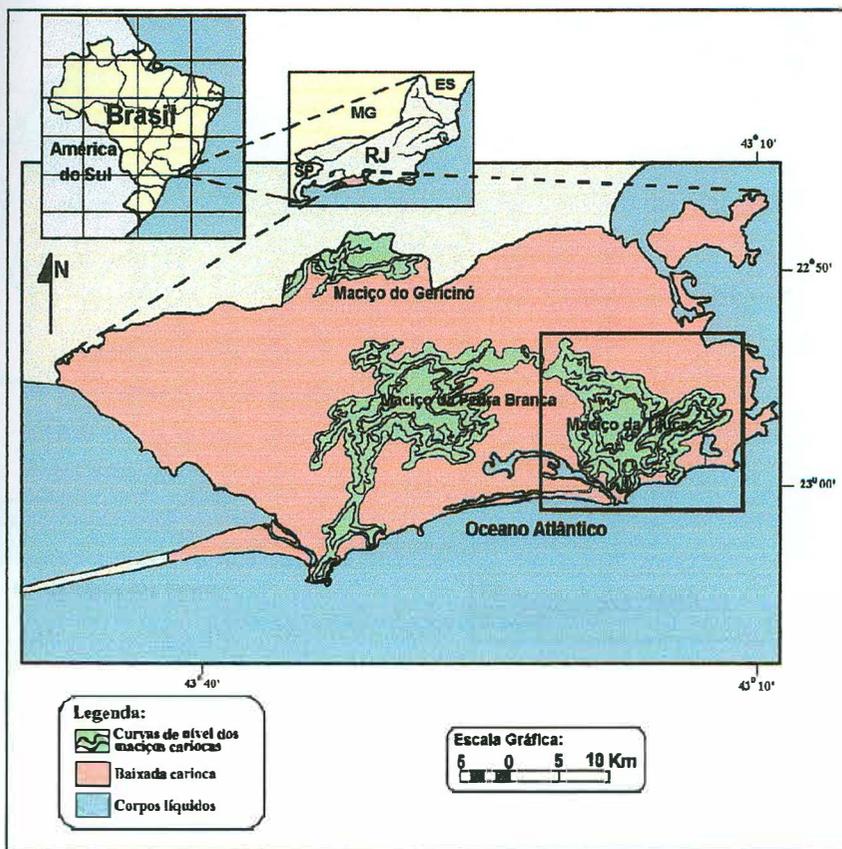


Figura 7.6 - Área de estudo do Projeto (GEOHECO, 2000)

O Projeto foi desenvolvido em três fases, trabalhando respectivamente com as vertentes Oeste (Fase 1), Sul (Fase 2) e Norte (Fase 3), do Maciço da Tijuca.

Neste trabalho serão apresentados resultados relativos às Fases 1 e 2, sendo que a Fase 3 não foi incluída na avaliação do modelo. A figura 7.7 apresenta a divisão do Maciço da Tijuca pelas áreas definidas em cada fase.

Produtos Gerados pelo Processo Analítico (Fases 1 e 2)

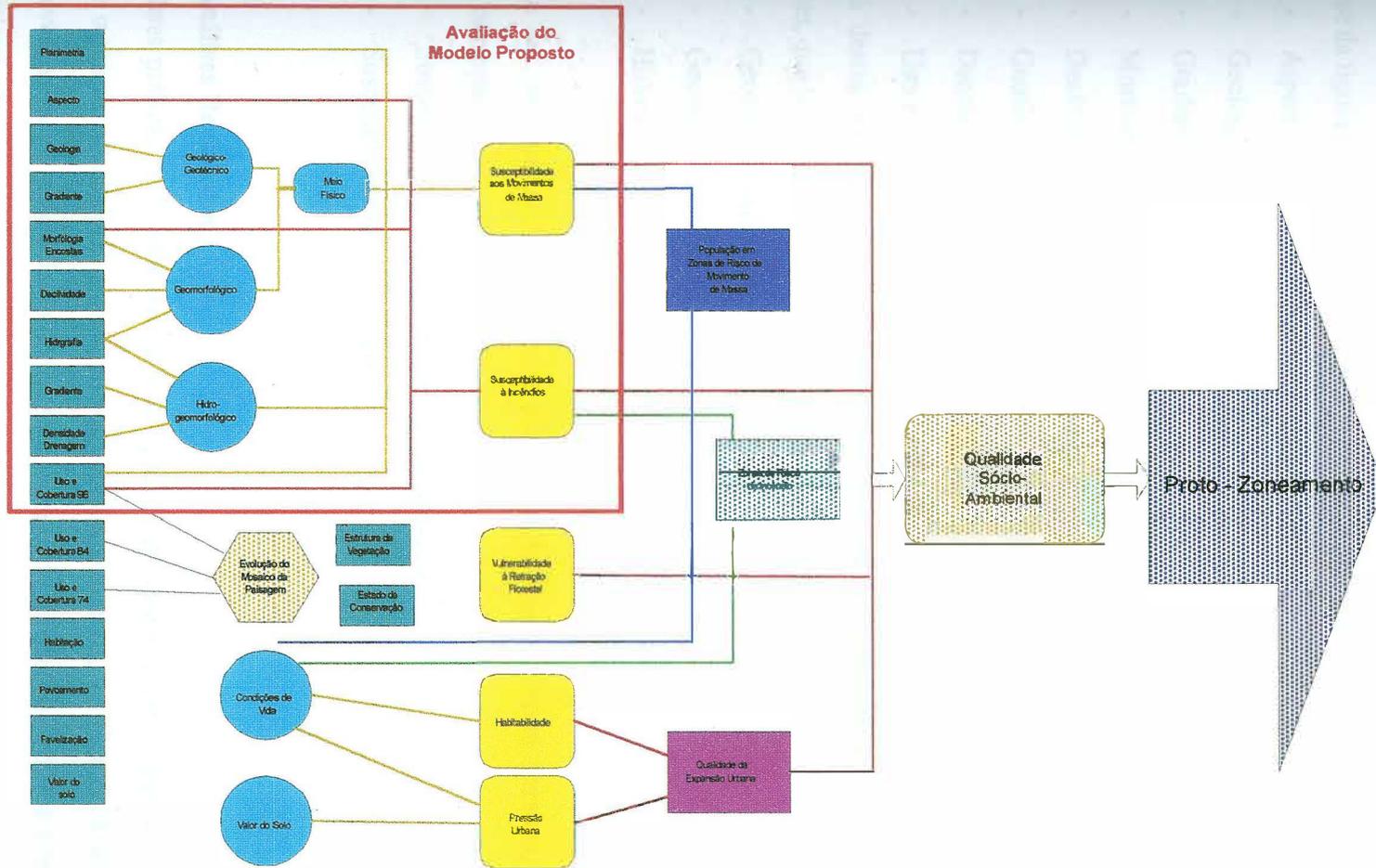


Figura 7.8 – Fluxograma da Fase 1 (GEOHECO, 2000)

A abordagem deste trabalho sobre o Projeto, restringiu-se aos processos analítico-integrativos sobre o meio físico, desde os mapas básicos, até os de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios, conforme pode ser visto no destaque da figura 7.8. Abrange portanto os seguintes mapas básicos:

- Aspecto;
- Geologia;
- Gradiente;
- Morfologia de Encostas;
- Declividade;
- Geotécnico;
- Densidade de Drenagem e
- Uso e Cobertura do Solo 96.

A partir destes mapas foram gerados por processos analítico-integrativos, os produtos seguintes, que já são resultados parciais no processo de análise:

- Geológico-Geotécnico;
- Geomorfológico e
- Hidrogeomorfológico.

Por sua vez, novamente submetidos à processos de análise, foram gerados, a partir destes, os mapas seguintes:

- Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e
- Susceptibilidade à Incêndios.

7.7.1 Análises Realizadas

As análises práticas realizadas para a avaliação do processo, foram separadas em dois grupos: o primeiro trabalhou com alguns processos analíticos, verificando a correlação de variáveis no mapa resultado do processo e o segundo, procurou verificar a hierarquia e a correlação de mapas resultado em diferentes processos analíticos. Foram as seguintes as análises realizadas:

a) Correlação de Variáveis

- **Susceptibilidade aos Movimentos de Massa**, através dos mapas componentes de: Uso e Cobertura do Solo de 1996, Morfologia, Gradiente, Geotecnia, Geologia, Densidade de Drenagem e Declividade.
- **Susceptibilidade à Incêndios**, através dos mapas componentes de: Uso e Cobertura do Solo de 1996, Morfologia e Aspecto.
- **Hidrogeomorfológico**, através dos mapas componentes de: Gradiente e Densidade de Drenagem.
- **Geomorfologia**, através dos mapas componentes de: Morfologia e Declividade.
- **Geológico-Geotécnico**, através dos mapas componentes de: Geotecnia e Geologia.

b) Correlação e Hierarquia de Mapas

- **Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios.**
- **Hidrogeomorfológico, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico.**
- **Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, Susceptibilidade à Incêndios, Hidrogeomorfológico, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico.**

7.7.2 Descrição dos Mapas Básicos e Resultados

Os mapas das Fases 1 e 2 do Projeto de Qualidade Ambiental podem ser examinados nos Anexos 1 e 2 deste trabalho. A sua composição pode ser apreciada também nas tabelas 7.6 e 7.7, para as Fases 1 e 2 respectivamente. Nestas tabelas são apresentadas as classes ou variáveis de cada mapa, bem como o valor numérico que será atribuído à cada uma delas, para a aplicação do modelo proposto.

Tabela 7.6 - Composição e descrição das variáveis dos mapas básicos da Fase 1

Mapa	Valor	Nome da Variável ou Classe	Área
Uso 96	1	Afloramento rochoso	9621
	2	Alta densidade de edificações	52896
	3	Baixa densidade de edificações	47650
	4	Cultivos	4451
	5	Floresta clímax local	146891
	6	Floresta secundária inicial	75845
	7	Floresta secundária tardia	76939
	8	Formação pioneira	14844
	9	Gramíneas	115107
	10	Movimento de massa	10203
	11	Pedreira	801
	12	Solo exposto	162
Formas	13	Convexidade	355943
	14	Concavidade	199448
Gradiente	15	Alto	295390
	16	Médio	236223
	17	Baixo	23667
Geotécnico	18	Afloramentos	9143
	19	Depósitos de colúvio	25111
	20	Depósitos de baixada	13789
	21	Pedreiras	596
	22	Saprolito em topos	38988
	23	Saprolito espesso	365728
	24	Saprolito raso	102033
Geologia	25	Biotitta gnaisse	187568
	26	Gabro	9707
	27	Gn facoidal	294349
	28	Granito favela	63767
Densidade de Drenagem	29	Médio	236543
	30	Alto	21697
	31	Baixo	297040
Declividade	32	> 35	77272
	33	0 - 10	82805
	34	10 - 20	127704
	35	20 - 35	267610
Aspecto	36	Norte	252481
	37	Sul	302910

Tabela 7.7 - Composição e descrição das variáveis dos mapas básicos da Fase 2

Mapa	Valor	Nome da Variável ou Classe	Área
Uso 96	1	Afloramento rochoso	17022
	2	Alta densidade de edificações	140681
	3	Baixa densidade de edificações	28545
	4	Cultivos	185
	5	Floresta clímax local	53852
	6	Floresta secundária inicial	44684
	7	Floresta secundária tardia	34491
	8	Formação pioneira	26229
	9	Gramíneas	94009
	10	Pedreira	2133
	11	Solo exposto	385
Formas	12	Convexidade	185651
	13	Concavidade	256564
Gradiente	14	Alto	136507
	15	Médio	7279
	16	Baixo	298429
Geotécnico	17	Afloramentos	37935
	18	Depósitos de colúvio	20854
	19	Depósitos de baixada	38612
	20	Pedreiras	679
	21	Saprolito em topos	18641
	22	Saprolito espesso	237910
Geologia	23	Saprolito raso	87581
	24	Biotitta gnaisse	200562
	25	Gabro	1707
	26	Gn facoidal	158269
	27	Granito favela	28762
	28	Leptinito	52915
Densidade de Drenagem	29	Médio	64926
	30	Alto	8986
	31	Baixo	368303
Declividade	32	> 35	63309
	33	0 - 10	78789
	34	10 - 20	79400
	35	20 - 35	220717
Aspecto	36	Norte	135245
	37	Sul	306970

Os mapas resultado, produtos dos processos analítico-integrativo a que foram submetidos os mapas bases, possuem uma composição de variáveis definidas nas tabelas 7.8 e 7.9, respectivamente para as Fases 1 e 2.

Tabela 7.8 - Descrição dos Mapas Resultados Fase 1

Mapa	Mapas Componentes	Nº de Variáveis	Variáveis Finais	Área das Variáveis
Movimento de Massa	Uso 96	12	Alta	14326
	Morfologia das Encostas	2	Média	66023
	Gradiente	3	Baixa	473539
	Geotecnia	7		
	Geologia	4		
	Densidade de drenagem	3		
	Declividade	4		
Incêndio	Uso 96	12	Afloramento rochoso	9621
	Morfologia das Encosta	2	Alta	123849
	Aspecto	2	Alta densidade de edificações	52896
			Baixa	198211
			Média	159709
			Movimento de massa	10203
			Pedreira	801
			Solo exposto	162
Hidrogeomorfológico	Gradiente	3	Alto	33078
	Densidade de Drenagem	3	Baixo	154464
			Médio	367738
Geomorfologia	Morfologia das Encostas	2	Convexidades > 35	56317
	Declividade	4	Convexidades 0 - 10	42771
			Convexidades 10 - 20	79074
			Convexidades 20 - 35	177781
			Concavidades 20 - 35	89829
			Concavidades 10 - 20	48630
			Concavidades > 35	20955
			Concavidades 0 -10	40034
Geológico-Géotécnico	Geotecnia	7	Afloramento granito favela	2520
	Geologia	4	Depósitos de colúvio	25111
			Depósitos em baixada	13789
			Pedreiras	596
			Saprolito em topos biotita gnaisse	13310
			Saprolito em topos gabro	38
			Saprolito em topos gn facoidal	19298
			Saprolito em topos granito favela	6344
			Saprolito espesso biotita gnaisse	157705
			Saprolito espesso gabro	7581
			Saprolito espesso gn facoidal	168764
			Saprolito espesso granito favela	31678
			Saprolito raso biotita gnaisse	9676
			Saprolito raso gabro	10
			Saprolito raso gn facoidal	73943
			Saprolito raso granito favela	18411
		Afloramentos gn facoidal	6623	

Tabela 7.9 - Descrição dos Mapas Resultados Fase 2

Mapa	Mapas Componentes	Nº de Variáveis	Variáveis Finais	Área das Variáveis
Movimento de Massa	Uso 96	11	Alta	5883
	Morfologia das Encostas	2	Média	139917
	Gradiente	3	Baixa	296274
	Geotecnia	7		
	Geologia	5		
	Densidade de drenagem	3		
	Declividade	4		
Incêndio	Uso 96	11	Afloramento rochoso	17022
	Morfologia das Encosta	2	Alta	94009
	Aspecto	2	Alta densidade de edificações	140682
			Baixa	106826
			Média	81158
			Pedreira	2133
			Solo exposto	385
Hidrogeo-morfológico	Gradiente	3	Alto	89995
	Densidade de Drenagem	3	Baixo	2414
			Médio	349806
Geomorfologia	Morfologia das Encostas	2	Convexidades > 35	39373
	Declividade	4	Convexidades 0 - 10	20910
			Convexidades 10 - 20	36950
			Convexidades 20 - 35	88418
			Concavidades 20 - 35	41839
			Concavidades 10 - 20	42397
			Concavidades > 35	132299
			Concavidades 0 -10	40027
Geológico-Geotécnico	Geotecnia	7	Afloramentos biotita gnaisse	7258
	Geologia	5	Afloramentos gn-facoidal	4105
			Saprolito raso leptinito	11343
			Saprolito raso granito favela	11685
			Saprolito raso gabro	688
			Saprolito raso biotita gnaisse	48427
			Saprolito espesso leptinito	31193
			Saprolito espesso granito favela	15513
			Saprolito espesso gn facoidal	69814
			Saprolito espesso gabro	790
			Saprolito espesso biotita gnaisse	118290
			Saprolito em topos leptinito	4671
			Saprolito em topos gn facoidal	5864
			Saprolito em topos gabro	154
			Saprolito em topos biotita gnaisse	12626
			Pedreiras	637
			Depósitos em baixada	38603
			Depósitos de colúvio	15779
			Afloramentos leptinito	4573
			Saprolito raso gn facoidal	40202

7.7.3 Programas de Apoio

Além do apoio dos *softwares* MATHCAD 8.0 e MATHLABS 5.3, que serviram para a avaliação teórica e checagem de resultados, foram desenvolvidos dois outros programas, visando uma otimização do cálculo na avaliação prática, bem como estabelecer um algoritmo que possa ser implementado em linguagem específica em alguns *softwares* de Geoprocessamento, como por exemplo o ARCVIEW. Os programas foram desenvolvidos em linguagem DELPHI 4.0, em ambiente WINDOWS e seus algoritmos podem ser apreciados nos Anexos 3 e 4.

7.7.3.1 Programa de Varredura

Este programa executa a leitura dos mapas de um processo analítico, comparando os mapas componentes com o mapa resultado.

Após a leitura, cada mapa componente do processo é comparado com o mapa resultado, pixel a pixel, até o esgotamento de todas as comparações. Desta forma são extraídas as áreas de cada variável de cada mapa componente, que contribuem para a formação de cada área do mapa resultado. Esta extração de informação é efetuada por um processo de varredura, linha a linha, pixel a pixel, formando a matriz de contribuição de área, onde cada linha corresponde à uma variável do mapa resultado e cada coluna corresponde à contribuição de área de cada variável dos mapas componentes.

O formato escolhido, tanto para a leitura, como para a comparação entre mapas foi, por facilidade de programação e volume de informações, o formato ASCII. Cada mapa deve ser transformado em uma tabela ASCII, para ser submetido ao programa de varredura. Entretanto é possível esta varredura ser efetuada em formatos gráficos, tais como IMG, BMP e outros, conforme foi testado antes da escolha do formato ASCII.

7.7.3.2 Programa de Cálculo

A finalidade do programa de cálculo é apresentar os resultados da propagação definida pelo modelo.

Para a correlação de variáveis o programa lê a matriz de contribuição de área e a matriz de influência de variáveis, enquanto que para a correlação de mapas são lidas as matrizes de área e a matriz de influência total.

Como saída, em ambos os casos são fornecidos pelo programa os seguintes resultados:

- a pseudo matriz variância-covariância;
- a pseudo variância e covariância entre variáveis ou mapas;
- a matriz de correlação entre as variáveis ou mapas;
- a matriz de influência propagada, de variáveis ou mapas e
- a hierarquização de variáveis ou mapas.

7.8 METODOLOGIA DA APLICAÇÃO PRÁTICA

A metodologia para a aplicação prática será a mesma metodologia a ser aplicada para a análise de quaisquer outros processos, resguardadas as necessidades de transformação de mapas, gerados por outros sistemas de informação geográficas que não o do Projeto de estudo. O Projeto foi desenvolvido sob o software ARC VIEW 3.2, pertencente ao Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO). Para as transformações de formato, foi portanto escolhido este mesmo sistema, por possuir extensões que permitem chegar com facilidade aos formatos desejados e apropriados para a aplicação do modelo.

Desta forma a metodologia da aplicação do modelo pode ser descrita pelas seguintes fases:

- Transformação, preparação e tratamento dos mapas.
- Definição das matrizes de contribuição de área e matrizes de área.
- Definição das matrizes de influência.
- Execução do programa de cálculo.
- Análise de resultados.

7.8.1 Transformação, Preparação e Tratamento dos Mapas

Foi também desenvolvida uma metodologia de trabalho, para o tratamento de todos os mapas, pois o número de mapas, 11(onze) para cada fase, exigiu que assim se fizesse. Esta metodologia pode ser descrita nos seguintes passos:

a – Leitura do mapa e transformação para o formato SHP (*shapefile* do ARC VIEW). Esta fase só é necessária para mapas gerados em outros formatos, que venham a ser tratados no ARC VIEW.

b – Definição de uma resolução compatível com a escala dos mapas, para ser efetuada a transformação vetorial para matricial. Esta resolução consiste na definição das dimensões do pixel, em unidades de terreno, do formato matricial de transformação.

Em princípio, pode ser definido qualquer tamanho de *pixel* para esta transformação, porém devem ser lembrados dois pontos essenciais para uma correta escolha das dimensões:

- quanto menor as dimensões do *pixel*, a imagem do mapa sofrerá um incremento quadrático nas suas dimensões, causando em consequência um aumento no esforço computacional;
- não há significância nem ganho de se diminuir o tamanho do pixel à dimensões além da compatível com a escala de trabalho.

As dimensões ideais para o *pixel* podem ser relacionadas ao erro gráfico, portanto, para uma escala de 1: 50 000, o tamanho associado será de 10m x 10m. No caso deste trabalho, foi escolhido uma dimensão de *pixel* de 10m x 10m, maior do que a compatível, uma vez que a escala de trabalho do Projeto é de 1: 10 000, mas justificada, pois o objetivo é testar o funcionamento e a metodologia aplicada ao modelo e, evidentemente, o que funcionar com uma, funcionará com a outra resolução também.

c – Transformação do formato *shape* (SHP), para o formato matricial *grid* (GRD).

O primeiro mapa transformado servirá de base para todas as demais transformações. No caso, o primeiro mapa de cada fase define, com as dimensões de pixel de 10m x 10m, as dimensões de todos os demais mapas, que têm de ser exatamente iguais. As dimensões dos mapas de cada fase foram as seguintes:

- Fase 1: 1410 x 1068 (linhas x colunas)
- Fase 2: 991 x 1719 (linhas x colunas)

O ARC VIEW permite que todas as transformações sejam assumidas no modelo da primeira, evitando-se, desta forma, erros na transformação.

d – Transformação dos valores de cada classe, alfanuméricos, em numéricos, associados aos valores que serão atribuídos em todo o processo de aplicação do modelo. Estes valores podem ser vistos nas tabelas 7.6 e 7.7.

e – Exportação do arquivo gerado como um arquivo ASCII (ASC). Esta última fase de tratamento, tem por finalidade exportar cada mapa já no formato de leitura do programa de varredura, para a geração das matrizes de contribuição e de área.

7.8.2 Definição das Matrizes de Apoio ao Cálculo

A definição das matrizes de contribuição de área e matrizes de área, foi também estabelecida através de algumas fases, procurando sistematizar o trabalho, tendo em vista a quantidade de matrizes bem como as dimensões destas matrizes. Inicialmente foram construídas as matrizes de contribuição de área, para em uma fase posterior serem montadas as matrizes de área, por serem derivadas daquelas.

As etapas para a montagem das matrizes de contribuição de área são as seguintes:

a) Definição das dimensões da matriz

Através da comparação entre o número de variáveis dos mapas componentes e do mapa resultado de cada processo analítico estudado. A tabela 7.10 mostra este estudo para as duas fases.

Tabela 7.10 - Dimensões das Matrizes de Contribuição de Área

Processo	FASE 1			FASE 2		
	Variáveis Componentes	Variáveis Resultado	Dimensões	Variáveis Componentes	Variáveis Resultado	Dimensões
Movimento de Massa	35	3	3 x 35	35	3	3 x 35
Incêndio	16	8	8 x 16	15	7	7 x 15
Hidrogeomorfologia	6	3	3 x 6	6	3	3 x 6
Geomorfologia	6	8	8 x 6	6	8	8 x 6
Geológico-Geotécnico	11	17	17 x 11	12	20	20 x 12

O número de linhas da matriz é definido pelo número de variáveis do mapa resultado e o número de colunas pelo número de variáveis componentes do processo.

Neste ponto é essencial que já esteja determinada a ordem de seqüência das variáveis para todo o processo. Esta ordem deverá ser mantida e utilizada em toda e qualquer situação de cálculo, pois a disposição das variáveis em cada matriz deve coincidir com esta ordenação. Caso aconteça alguma alteração de ordem, as operações matriciais não estarão se reportando às variáveis corretas (MENEZES, 1981).

b) Geração das Matrizes de Contribuição de Área

Com a ordem das variáveis definida, os mapas componentes de cada processo analítico são comparados e varridos através do programa de varredura, juntamente com o mapa resultado do mesmo processo, obtendo-se submatrizes de cada mapa componente. Após o processo de varredura de todos os mapas componentes, passa-se à montagem da matriz de contribuição, através de uma aglutinação das submatrizes geradas.

Por exemplo, a matriz de contribuição de área do processo de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, cujas dimensões são 3 x 35, é gerada através da aglutinação das submatrizes, de dimensões 3 x 12, 3 x 2, 3 x 3, 3 x 7, 3 x 4, 3 x 3 e 3 x 4,

respectivamente obtidas dos mapas componentes de Uso e Cobertura 96, Morfologia, Gradiente, Geotecnia, Geologia, Densidade de Drenagem e Declividade.

c) Geração das Matrizes de Área

Nesta etapa são geradas as matrizes de área, que serão aplicadas no processo de correlação e hierarquização de mapas.

As dimensões de cada matriz de área são definidas pelo número de processos em trabalho pelo número total de variáveis envolvidas em todos os processos, correspondendo ao número de linhas e colunas respectivamente.

Cada coluna da matriz de contribuição de área de cada mapa componente é somada, formando vetores linha, que por sua vez serão aglutinados na linha da matriz. Dentro da ordenação de variáveis estabelecida, devem ser completados com valores nulos as variáveis que não pertençam ao processo. Exemplificando também através da Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios, que possuem respectivamente 35 e 16 variáveis cada um. Existem porém 14 variáveis comuns (Uso e Cobertura 96 e Morfologia). As variáveis comuns deverão todas estar em uma mesma coluna. Desta forma na linha de Movimentos de Massa, ocorrerão apenas dois elementos nulos, correspondentes às variáveis não comuns de Incêndios, enquanto que na linha desta última, ocorrerão 21 valores nulos, correspondentes às variáveis não comuns de Movimentos de Massa.

7.8.3 Definição das Matrizes de Influência

Esta etapa pode ser considerada como a mais crítica, devido a subjetividade que existe, na atribuição de um grau de influência de uma variável dentro de todo o processo.

Cada variável pode ser quantificada e assumir diferentes valores de influência, de acordo com o processo analítico que estiver vinculado, agindo desta forma como se fossem variáveis independentes nestes processos, não sendo neste caso, consideradas como variáveis comuns entre eles. Neste trabalho, no entanto, optou-se por considerar com a

mesma influência todas as variáveis que pertencessem a mais de um processo. Esta opção é justificada, para que seja testada a correlação existente entre os processos, o que não aconteceria caso as variáveis fossem independentes, sendo estabelecida uma covariância nula e correlação também nula.

A base para a definição das influências das variáveis, foram os pesos atribuídos pelos especialistas, dentro do PROJETO de referência GEOHECO (2000), com pequenas modificações, para adapta-los, segundo a visão global das variáveis que este estudo exige. Os pesos dentro do processo analítico-integrativo, desenvolvido por COELHO NETTO e colaboradores, são obtidos através da análise integrada de variáveis, relativa à cada um dos processos analíticos. Para o processo avaliativo proposto, existe a necessidade de se estabelecer as influências das variáveis pertencentes aos mapas componentes, de uma forma global, pois a propagação de áreas será determinada tendo por base estas influências. Neste ponto, o processo foge do método analítico-integrativo do GEOHECO (2000), passando a caracterizar o estudo avaliativo que se propõe. Foram discutidos com alguns dos especialistas que trabalharam no Projeto acima citado, os valores para atribuição das influências, quantificados em uma escala de 0 a 100. O resultado desta atribuição pode ser apreciado na tabela 7.11, para as Fases 1 e 2, respectivamente.

Estes valores de influência irão gerar todas as matrizes de influência necessárias ao trabalho, a serem aplicadas na propagação das áreas. Também é imprescindível que em cada matriz de influência formada com os valores atribuídos, ocorra o mesmo ordenamento existente na matriz de contribuição de área e matriz de área. A matriz de influência será sempre quadrada e quase sempre diagonal, uma vez que exista independência entre todas as variáveis. Assim, cada posição da diagonal principal, da linha ou da coluna desta matriz, correspondente à uma disposição das variáveis, deve corresponder a mesma disposição dessas variáveis nas colunas da matriz de contribuição de área ou de área.

Tabela 7.11 - Influências atribuídas para as Fases 1 e 2

Mapa Componente	Valor Numérico das Variáveis				Variáveis	Influência atribuída	
	Fase 1		Fase 2			Fase 1	Fase 2
	Parcial	Total	Parcial	Total			
Uso 96	1	1	1	1	Afloramento rochoso	0	0
	2	2	2	2	Alta densidade de edificações	0	25
	3	3	3	3	Baixa densidade de edificações	10	15
	4	4	4	4	Cultivos	10	5
	5	5	5	5	Floresta clímax local	0	0
	6	6	6	6	Floresta secundária inicial	30	20
	7	7	7	7	Floresta secundária tardia	0	10
	8	8	8	8	Formação pioneira	30	25
	9	9	9	9	Gramíneas	60	25
	10	10			Movimento de massa	0	
	11	11	10	10	Pedreira	0	0
	12	12	11	11	Solo exposto	0	5
Morfologia	1	13	1	12	Convexidade	70	60
	2	14	2	13	Concavidade	30	40
Gradiente	1	15	1	14	Alto	50	30
	2	16	2	15	Médio	30	50
	3	17	3	16	Baixo	10	10
Geotecnia	1	18	1	17	Afloramentos	0	0
	2	19	2	18	Depósitos de colúvio	30	30
	3	20	3	19	Depósitos de baixada	0	0
	4	21	4	20	Pedreiras	0	0
	5	22	5	21	Saprolito em topos	10	10
	6	23	6	22	Saprolito espesso	25	25
	7	24	7	23	Saprolito raso	25	25
Geologia	1	25	1	24	Biotitta gnaisse	15	15
	2	26	2	25	Gabro	15	15
	3	27	3	26	Gn facoidal	15	15
	4	28	4	27	Granito favela	15	15
			5	28	Leptinito		15
Densidade de Drenagem	1	29	1	29	Médio	15	15
	2	30	2	30	Alto	30	30
	3	31	3	31	Baixo	5	5
Declividade	1	32	1	32	> 35	45	45
	2	33	2	33	0 - 10	5	5
	3	34	3	34	10 - 20	15	15
	4	35	4	35	20 - 35	20	20
Aspecto	1	36	1	36	Norte	60	60
	2	37	2	37	Sul	40	40

No desenvolvimento deste trabalho, optou-se pela formação das matrizes de influência dos processos e dos mapas resultados, como submatrizes de uma grande matriz,

englobando todas as 37 variáveis. Cada matriz é formada pela decomposição da grande matriz, agregando as submatrizes de dimensões correspondentes às variáveis inerentes à cada processo estudado.

Uma vez definida a matriz de influência, o processo exige que seja invertida para que possa ser associada à propagação de área. Neste ponto outro problema teve que ser contornado, devido à presença de influências de valores nulos na diagonal principal, de matrizes diagonais. A inversa de uma matriz assim estruturada é impossível, uma vez que $1/0$ é impossível. Como solução foi adotada a substituição do valor nulo, por um valor próximo de zero, que uma vez invertido fornecerá um valor suficientemente alto, em relação aos demais. Efetuado um estudo comparativo de valor, foi estabelecido o valor 10^{-6} para substituir os valores nulos. O programa de cálculo, ao montar as matrizes de influência efetua um teste. Se o valor da influência é nulo, imediatamente é realizada a substituição.

7.8.4 Execução do Programa de Cálculo

A execução do programa de cálculo sobre as matrizes geradas, tem por finalidade realizar os cálculos e apresentar os resultados gerados pelo modelo proposto.

Para cada análise realizada, sobre variáveis de um processo ou sobre diferentes processos analíticos, foram obtidos os seguintes resultados:

- pseudo matriz variância-covariância
- matriz de influência propagada
- matriz de correlação.

Os resultados completos dos cálculos gerados pelo programa, podem ser apreciados no Anexo 5 e Anexo 6, para as duas Fases do GEOHECO (2000).

Foram ainda consideradas duas situações de influência, com a finalidade de verificação da variação de resultados entre uma e outra:

- execução dos cálculos com uma matriz de influência unitária, caracterizando igual influência de todas as variáveis ;
- execução com a matriz de influência atribuída, dentro dos critérios apresentados.

7.9 ANÁLISE DE RESULTADOS

Todas as matrizes geradas no processo foram submetidas a um processo de normalização, ou seja, foram divididas pelo maior valor encontrado na diagonal principal. Isto foi necessário, por que os valores calculados nestas matrizes são sempre bastante elevados. A apresentação normalizada facilita a visualização e não altera os valores dos resultados finais, uma vez que se mantém a proporcionalidade entre os valores.

As matrizes de correlação, entretanto, não necessitam de ser normalizadas, pois o próprio processo de determinação da correlação já normaliza e equaliza a correlação da diagonal principal, que será sempre unitária.

7.9.1 Análise de Resultados da Fase 1

A análise de resultados da Fase 1 constou da verificação numérica, coerência e compatibilidade dos resultados, bem como da comparação entre os valores apresentados com a utilização da influência unitária e atribuída.

7.9.1.1 Correlação de Variáveis

A análise dos resultados apresentados pelo modelo proposto permitiu verificar a tendência de relacionamento entre as diversas variáveis que compunham um determinado processo analítico. A correlação e a pseudo matriz variância --covariância mostrou como estas variáveis se relacionaram e a tendência de variação conjunta, bem como a forma de variarem.

a) Susceptibilidade aos Movimentos de Massa

A análise dos resultados do modelo aplicado ao processo analítico de geração do mapa de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, permitiram as seguintes conclusões:

- As matrizes geradas possuem dimensões 3 x 3, oriundas da aplicação do modelo proposto às matrizes de contribuição de área e de influência. Cada linha e coluna representam as três variáveis do mapa resultado: alta, média e baixa, respectivamente associadas às linhas e colunas 1,2 e 3 .
- A propagação com a influência unitária e atribuída, apresentou uma variação de valor, porém não apresentou variação ou alteração relativa dos resultados. A relatividade dos resultados foi mantida.
- A variável resultado de maior influência foi a classe de alta susceptibilidade, com influência 100, seguida da classe média com 14,4 e 11,9 (influência atribuída e unitária). A classe baixa apresentou uma influência propagada próxima de zero.
- A correlação com a influência unitária apresentou valores bastante próximos, acentuando uma variação quase linear, o que não ocorreu com a influência atribuída. A correlação entre as classes alta e média praticamente foi a metade da correlação entre as classes média com a baixa. A correlação entre a classe alta e baixa manteve um valor próximo da alta com a média. Isto indica que a uma variação da classe média, ocorrerá uma variação linear com a classe baixa, não ocorrendo este tipo de variação com classe alta e entre as demais. Nestes casos, haverá a necessidade de se estabelecer uma regressão, determinando a forma de variação associada.
- Quanto à influência propagada, foi respeitada a distribuição das variáveis. Entretanto foi significativa a diferença de influência entre a classe de alta e baixa susceptibilidade, nos dois casos estudados, nos quais a variável baixa apresentou um valor próximo de zero, face à classe alta, que foi fixada em 1, pela normalização.

b) Susceptibilidade à Incêndios

As matrizes geradas possuem dimensões 8 x 8, correspondendo à ordem das variáveis geradas no processo analítico, definidas na tabela 7.8.

A análise dos resultados permitiu as seguintes observações e conclusões:

- A matriz de influência propagada apresentou uma leitura diferente entre a influência unitária e a atribuída. Na unitária a influência máxima recaiu sobre solo exposto, enquanto que com a influência atribuída, foi deslocado a variável de alta susceptibilidade à incêndios, mostrando que os resultados com a influência unitária não estão coerentes, apresentando uma resposta não significativa ao problema.
- A matriz de correlação com a influência unitária, apresentou valores variando entre os limites [0,34 e 0,843], com um valor médio em torno de 0,5, mostrando que existe uma correlação não muito linear, necessitando de uma análise de regressão para determinar o tipo de relacionamento. Esta mesma matriz, com a influência atribuída, por sua vez apresentou uma variação de valores bastante significativos, onde a grande maioria dos resultados variavam entre os valores limites de $[6,79 \times 10^{-8}, 1,168 \times 10^{-4}]$. Apenas a correlação entre as variáveis média e baixa susceptibilidade apresentaram valores próximos à correlação linear (0,9889).
- Por outro lado, a análise da pseudo matriz variância-covariância apresenta valores muito baixo de covariância, já mostrando uma tendência à uma presença de um baixo correlacionamento entre algumas das variáveis.
- A matriz de influência propagada apresenta valores também bastante baixos, mas pode-se verificar que as variáveis de afloramento rochoso, alta densidade de edificações, movimento de massa, pedreira e solo exposto, respectivamente na ordem 1, 3, 6, 7 e 8, devem apresentar valores próximo de zero, uma vez que já são classificados como de influência nula. Estes valores que aparecem, se deve ao à condição de contorno de atribuir valores próximos de zero na matriz de influência, para não ocorrer casos de divisão por zero, na inversão desta matriz.

c) Mapa Hidrogeomorfológico

O Mapa de Hidrogeomorfologia foi resultado de um processo analítico, tendo por componentes os Mapas de Gradiente, e Densidade de Drenagem, apresentando três variáveis finais, alto, médio e baixo índice de eficiência de drenagem. Desta forma as matrizes obtidas possuem dimensões 3 x 3, sendo que suas linhas e colunas estão na mesma ordem apresentada das variáveis.

A análise dos resultados permitiu que fossem extraídas as seguintes conclusões:

- Não houve alteração das posições relativas dos elementos componentes das matrizes PMVC e de influência propagada nos dois casos de atribuição de peso. Ocorreu apenas variação dos valores.
- As covariâncias, definidas na PMVC, só foram mais significativas, entre as variáveis de média e baixa eficiência de drenagem, ocasionando também um maior índice de correlação linear, em torno de 0,7, indicando uma correlação menos dispersa.
- Em relação a influência propagada, os valores apresentados tanto no caso unitário, quanto no atribuído, mostram a variável de alta eficiência de drenagem com uma maior influência. Na comparação com as demais variáveis, ocorreu um aumento significativo da influência propagada para a variável de médio índice e uma diminuição para a variável de baixo índice de eficiência.

d) Mapas Geomorfológico e Geológico-Geotécnico

Estes mapas serão analisados em conjunto, por ambos terem apresentado resultados anômalos, porém semelhantes entre eles, comprometendo os resultados que seriam esperados que fossem fornecidos. A análise efetuada, entretanto levou à conclusões sobre a estrutura do processo analítico para a sua formação, concluindo que o comportamento apresentado estava compatível com esta estrutura.

O Mapa Geomorfológico possui 8 variáveis associadas, oriundas de dois mapas componentes e 6 variáveis no total. O Mapa Geológico-Geotécnico possui 17 variáveis,

oriundas dos Mapas de Geologia e Geotecnia, com 7 e 4 variáveis, respectivamente, no total de 11 variáveis.

Os cálculos apresentaram para ambos os mapas resultados da matriz de influência propagada incompatíveis com o esperado. A definição da PMVC ocorreu sem problemas, definindo a matriz de correlação, sem que ocorressem problemas também. Porém no processo de inversão da PMVC, para a obtenção da matriz de influência, foram observadas diversas incompatibilidades com a estrutura da matriz, que pela estrutura da propagação deve ser simétrica e positiva-definida (diagonal principal sempre positiva). Essas incompatibilidades estão foram as seguintes:

- ocorrência de valores negativos na diagonal principal;
- não simetria na matriz;
- matriz obtida na multiplicação da matriz original e sua inversa diferente da matriz unitária.

Foi verificado também, que pequenas variações nos valores dos elementos da matriz original, apresentavam grandes variações na matriz inversa.

Estes resultados foram testados e comparados, sendo levantadas hipóteses sobre os possíveis problemas que estariam afetando os resultados, tais como: precisão dos cálculos, precisão do compilador, tipo de precisão das variáveis associadas no programa e erros de arredondamento. Estes problemas foram rebatidos, pois os resultados foram comparados com os obtidos pelos programas MATHCAD 2000 e MATHLAB 5.3, bem como calculadora programável HP 48 GX.

Por sua vez, isolando-se a matriz de influência, por não poder se apresentar como fonte de erro, foi efetuada uma análise na matriz de contribuição de área, a estrutura da PMVC gerada pelo processo e o próprio processo utilizado para a geração desses mapas.

Assim, foram definidas as seguintes conclusões, tendo por base a análise efetuada:

- Para os dois processos analíticos, as variáveis dos mapas resultado foram geradas por uma combinação linear de seus elementos componentes. Por

exemplo, a variável convexidades > 35, é uma combinação da variável convexidade do Mapa de Morfologia e da variável > 35 do Mapa de Declividade. Desta forma a soma das áreas de cada variável do mapa resultado é exatamente igual a soma das áreas das variáveis que os compõe. Isto levou, por sua vez à formação de uma matriz de contribuição de área esparsa, com elevado número de elementos nulos (PRESS et *alli*, 1992) e com linhas e colunas linearmente dependentes entre si, ou seja, com elementos iguais ou proporcionais. O produto desta matriz pela matriz de influência e sua transposta, independentemente da magnitude da matriz de influência, gerou um tipo especial de matriz, denominada de inversa sensível ou mal condicionada (FADDEEVA, 1958; GEMAEL, 1973). Estas matrizes possuem um comportamento semelhante ao apresentado nos resultados, havendo indicadores que permitem estabelecer e diagnosticar o problema, tais como: valor do determinante muito pequeno e números de Todd e Turingen (GEMAEL, 1973b; MENEZES, 1981), que elaborados segundo as relações com a norma euclidiana e autovalores da matriz, devem estar próximos da unidade, para que a matriz não seja considerada mal condicionada; quanto mais afastado estes valores estiverem da unidade, mais a matriz terá um comportamento anômalo.

Calculados estes indicadores para as PMVC geradas pelo modelo proposto, o resultado pode ser apreciado na tabela 7.12, confirmando a existência do mal condicionamento das matrizes.

Tabela 7.12 - Indicadores de Matrizes Mal Condicionadas

Indicador	Matriz	Geomorfológico	Geológico-Geotécnico
Nº de Todd		2584	2.533×10^{29}
Nº de Turingen		7296	1.121×10^{30}

A solução para a inversão deste tipo de matriz é impossível por inversa comum de Cailey, pois as inversas sensíveis, na maioria dos casos não atendem a relação $A^{-1} \cdot A = I$.

Não foi pesquisada uma solução alternativa para o problema, porém a utilização de inversas generalizadas, permite chegar à uma solução única, pela utilização de pseudo-inversas, ou mesmo à um conjunto de soluções, pois algumas dessas inversas não são únicas (BEN-ISRAEL & GREVILLE, 1977). Esta solução será indicada como um dos trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

Neste caso a matriz de influência propagada das variáveis foi prejudicada, não ocorrendo problemas em relação à matriz de correlação e a PMVC.

- A matriz de correlação do Mapa Geomorfológico apresentou, devido à própria estrutura que foi associada, uma conformação em que todos os elementos correlacionados apresentaram um valor único, igual a 0,5, novamente confirmando a dependência linear da matriz de contribuição de área.
- Apesar de serem explicados os problemas surgidos, pode ainda existir algum tipo de associação com o processo analítico aplicado para a geração desses mapas.

7.9.1.2 Correlação e Relevância dos Processos

A segunda parte do modelo proposto desenvolve uma avaliação, comparando os resultados de diversos processos analíticos. São também geradas as mesmas matrizes que a correlação de variáveis, relacionadas agora aos processos analíticos, ou seja a pseudo-MVC, a matriz de influência propagada e a matriz de correlação entre os processos.

A diferença principal entre o modelo de variáveis e o de mapas, está na formação da matriz de área, que substituirá a matriz de contribuição de área. A matriz de área corresponderá à área total de cada variável e não apenas à sua área de contribuição. Cada linha da matriz corresponde à um processo e cada coluna à área total desta variável no processo.

a) **Correlação entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios**

- Foi bastante significativa a variação entre as PMVC, considerando-se as influências unitárias e atribuída. Isto praticamente fica evidente, pois existe um grande número de variáveis que possuem influência nula ou próxima de zero, que foi propagada às demais matrizes.
- O resultado final mostra que a influência propagada para o Mapa de Incêndio uma pequena relevância em relação ao Movimento de Massa [1 e 0,997], demonstrando que ambos os processos estão em um mesmo nível de importância ou hierarquia. Ambos os processos devem ser considerados prioritários para a gestão ambiental da área.
- A matriz de correlação, por sua vez, apresentou valores também bastante elevados, em torno de 0,996, mostrando que além de estarem altamente correlacionados, ainda é linear a sua correlação.

O grande número de variáveis comuns pode explicar este comportamento.

b) **Correlação entre os Mapas de Hidrogeomorfologia, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico**

O objetivo proposto para a análise deste correlacionamento é mostrar a não existência de correlação de mapas que não possuam variáveis comuns. Os três mapas gerados não possuem variáveis comuns, sendo todas independentes entre si, ou seja, não há influência de uma em outra. Dentro do conceito de covariância é portanto excluída a existência de correlacionamento. Os resultados confirmaram o que era esperado, em termos da influência propagada e correlação entre os mapas.

- Não existindo variáveis comuns entre os mapas, o conceito de covariância impede a existência do correlacionamento entre os resultados gerados. Cada mapa, portanto, é considerado uma função ou um resultado independente dos demais. Neste caso, qualquer ação que seja desenvolvida em cada uma das

funções (Hidrogeomorfologia, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico), não afetará os resultados ou os processos envolvidos nos demais.

- A leitura dos resultados mostra uma possível relevância do Geomorfológico sobre os demais, unicamente devido à matriz de influência que foi aplicada no processo, porém, em razão da independência, em princípio, qualquer um poderia ser priorizado face aos demais.

c) **Correlação entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, Susceptibilidade à Incêndios, Hidrogeomorfologia, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico**

Nesta análise o objetivo proposto é mostrar que mesmo não havendo variáveis comuns entre alguns dos processos envolvidos, mas existindo em relação aos demais, haverá dentro do processo de propagação, a existência de correlação nos resultados, entre praticamente todas as variáveis envolvidas. Os resultados também confirmam a base teórica de sustentação do modelo. Mesmo não havendo variáveis comuns nos três últimos mapas, as variáveis comuns destes com os dois primeiros, criaram as condições para a existência do correlacionamento entre eles.

- A matriz de influência propagada apresentou o mapa de Geomorfologia como o de maior relevância, face aos demais. Aparentemente é um resultado anômalo, porém pode ter sido causado por todas as suas variáveis estarem com uma influência elevada face à uma grande maioria de variáveis de influência nula e também possuírem as maiores áreas associadas, nos mapas componentes. No entanto pode-se verificar que na PMVC, é mantida uma relatividade entre as pseudo-covariâncias e pseudo-variâncias.
- Também é mantida a relatividade entre os conjuntos dos mapas de susceptibilidade e do conjunto dos demais.
- A matriz de correlação mostra a existência de uma correlação linear entre os mapas de susceptibilidade e entre estes e mapa Geológico-Geotécnico. Justifica-se a alta correlação com o mapa de Movimento de Massa, pelo fato de todas as variáveis do mapa Geológico- Geotécnico serem comuns, logo

qualquer variação no primeiro forçosamente trará uma alteração linearmente relacionada no segundo. Em relação ao mapa de Incêndio, recorre-se também ao mapa de Movimento de Massa e a alta correlação existente entre os dois. A propagação estabelece a ligação entre os seus elementos, devido à existência do grande número de variáveis comuns.

7.9.2 Análise de Resultados da Fase 2

A análise de resultados da Fase 2 será efetuada comparativamente aos resultados da Fase 1, uma vez que quase a totalidade dos resultados da Fase 2, tiveram um comportamento semelhante aos da Fase 1.

Foram observados apenas os resultados advindos da aplicação da influência atribuída, tanto pela sua relevância, como por se considerar neste ponto, que o objetivo de mostrar a variação entre os dois resultados foi plenamente alcançado na Fase 1.

Foram detectados algumas alterações significativas na influência propagada de algumas variáveis, devido também tanto à alterações funcionais nessas variáveis, como também alteração do valor de influência e composição de variáveis em alguns mapas.

7.9.2.1 Correlação de Variáveis

O quadro geral de resultados, em termos relativos foi bastante semelhante à Fase 1, porém ocorreram variação de valores bastante sensíveis, sem que houvesse uma razão aparente para estas alterações.

Entre os mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, foram mantidas as posições relativas das variáveis, porém houve uma variação significativa dos valores na PMVC e na matriz de correlação, ocorrendo inclusive inversão da correlação. Estes valores mostram uma correlação baixa, bem como uma tendência dispersiva em relação à variação conjunta das variáveis.

Para a Susceptibilidade à Incêndios, os resultados apresentaram um anomalia não esperada, definida por um deslocamento da influência máxima para uma variável sem significância no processo (solo exposto). Observadas a PMVC e a matriz de correlação, pode-se notar que ocorreu também uma alteração significativa dos valores nessas matrizes. Foi realizado um estudo, procurando verificar a possibilidade de correlacionar o comportamento da distribuição de áreas, juntamente com a matriz de influência, não se chegando a uma conclusão que pudesse explicar satisfatoriamente o problema.

Os resultados apresentados pelos mapas de Hidrogeomorfologia foram coerentes. Ocorreu uma maior correlação entre as variáveis de alto e médio índice de eficiência de drenagem, também ocorrendo uma diminuição acentuada entre as classes de médio e baixo índices.

Em relação aos mapas de Geomorfologia e Geológico-Geotécnico, os problemas de mal condicionamento voltaram a ocorrer, inviabilizando a matriz de influência propagada. Por sua vez fortaleceu a conclusão do mal condicionamento, devido à existência de uma dependência linear criada durante o processo analítico de geração dos mapas resultados. A matriz de correlação apresentou valores muito baixos, à semelhança do que ocorreu também nas análises anteriores.

Tendo em vista esta variação de valores apresentada e comparando-se as matrizes de influência das duas fases, que não se mostram muito diferentes, foi efetuada uma comparação entre as matrizes de contribuição de área, bem como uma comparação da distribuição das variáveis componentes dos diversos processos, nas duas Fases, e dos resultados de cada processo analítico-integrativo. Desta análise foram elaboradas algumas conclusões sobre o problema apresentado:

- as matrizes da Fase 2 apresentam uma quantidade de valores nulos superior às matrizes da Fase 1.
- existe uma maior dispersão das variáveis na Fase 2.

Desta forma, é possível a existência de uma relação direta da dispersão das variáveis, com uma degradação de resultados, uma vez que em tese, o comportamento esperado

deveria ser o mesmo ou bastante próximo entre as duas Fases. Será necessário que seja desenvolvido um aprofundamento no estudo comportamental das matrizes de contribuição, conjuntamente com a distribuição e dispersão das variáveis.

7.9.2.2 Correlação e Relevância dos Processos

A comparação de resultados da correlação de mapas da Fase 2 com a Fase 1 foi bastante animadora, face aos problemas surgidos com a correlação de variáveis. Da análise comparativa dos resultados foram obtidas as seguintes conclusões:

- Todas as matrizes apresentaram um comportamento semelhante ao da Fase 1.
- Ocorreram variações de valores nas matrizes, porém menores e menos significativas do que na correlação de variáveis.
- A relevância de praticamente todos os mapas foi mantida nas posições relativas da Fase 1.
- Também foram mantidas as relações de pseudo-covariância e correlação nula, entre os mapas independentes.
- A alteração mais significativa ocorreu em uma alteração da relevância do Geomorfológico para o Hidrogeomorfológico, porém caracterizando uma alta influência para os demais.

Desta forma, o comportamento das duas fases pode ser considerado compatível. Evidentemente não poderiam ser iguais, em nenhum estudo de correlação, uma vez que existem diferenças, até por vezes significativa, tais como:

- alteração da funcionalidade das variáveis, pela alteração da sua influência;
- distribuição diferenciada das áreas, definindo diferentes matrizes de contribuição e de área, bem como padrões de distribuição também diferentes;
- alterações na matriz de influência e
- alteração da quantidade de variáveis envolvidas nos processos (em menor proporção).

8 CONCLUSÕES

8.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao término deste trabalho de pesquisa, cumpre-se estabelecer as conclusões advindas de seu desenvolvimento e resultados.

De uma maneira geral foi procurado estabelecer uma ligação estreita entre as três áreas do conhecimento que constituíram-se a base para dos estudos a serem desenvolvidos, ou seja a Geoecologia, na visão Geo-hidroecológica, a Cartografia e o Geoprocessamento, em relação aos Sistemas de Informações Geográfica.

Foram levantados os problemas que se fazem presentes no interfaceamento entre a Cartografia e o Geoprocessamento, já conhecidos, porém ainda ignorados por grande parte da comunidade que trabalha com SIG, e por isto reforçado no trabalho. Foi mostrado que a Cartografia, por ser a base de qualquer sistema geográfico, necessita de no mínimo ser conhecida em seus conceitos básicos, para que se obtenha eficiência e eficácia na gestão dos SIG. O relacionamento Geoprocessamento-Geoecologia mostra-se através da concepção, criação, gerenciamento e análise da base de dados geoecológica, constituindo-se esta base de um modelo próprio da paisagem, com suas informações e relacionamentos, necessários aos estudos da Paisagem, segundo uma abordagem sistêmica e integrada.

A ótica geo-hidroecológica, por sua vez, está incorporada no desenvolvimento do Projeto GEOHECO (2000) adotado na fase de teste do modelo ora proposto. Significa que os modelos geo-biofísicos que fundamentaram o procedimento analítico-integrativo da construção do modelo global da paisagem, expressam suas estruturas funcionais que governam a dinâmica dos processos hidrológicos e geoecológicos reguladores da biodiversidade, e por conseguinte, dos processos geomorfológicos reguladores da estabilidade das encostas. Apesar de algumas restrições na bases de dados disponibilizada para esse Projeto, as análises diagnósticas e prognósticas integraram conhecimentos básicos em Geomorfologia, Hidrologia e Geoecologia acumulados em mais de 20 anos pelo GEOHECO com pesquisas no maciço da Tijuca (COELHO NETTO, 2000).

As relações entre a Cartografia e a Geoecologia foram por sua vez, apresentadas através dos processos e relações para a representação cartográfica das informações geoecológicas. Também foram esclarecidos e diferenciados os conceitos de Cartografia Ambiental e Geoecológica. A apresentação do relacionamento dos conceitos escala em Geoecologia, diferenciando-os e mostrando seus diversos impactos, estabeleceram visões de seus comportamentos e tratamentos, em razão da própria representação cartográfica da Paisagem.

Desta forma foram atingidos alguns dos objetivos secundários, preparatórios e que serviram de base para a consecução dos demais e do próprio objetivo principal.

8.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO PROPOSTO

O modelo de avaliação proposto foi testado de três formas diferentes, as quais são reapresentadas abaixo:

- através de um modelo teórico;
- através de sua aplicação à Fase 1 do Projeto GEOHECO (2000);
- através de sua aplicação à Fase 2 do Projeto GEOHECO (2000).

A aplicação no modelo teórico verificou a sua viabilidade. Foi estabelecida e testada a funcionalidade do modelo, sobre uma idealização teórica, concebida exclusivamente para esta finalidade. Não foram criados nem existiram quaisquer parâmetros de comparação de teste, verificando-se desta forma apenas como o modelo se comportava e se este comportamento estava coerente, face à situação criada. Os resultados foram considerados satisfatórios, qualificando o modelo a ser testado em um projeto real, caracterizando uma situação prática de aplicação.

Para esta situação prática, foi escolhido pelas justificativas apresentadas no Capítulo 8, o Projeto GEOHECO (2000), Fases 1 e 2. Foram utilizados os componentes e os resultados dos processos analíticos-integrativos sobre o meio físico, porém foram efetuadas algumas alterações, principalmente na determinação das influências das

variáveis, exigência do modelo avaliativo proposto, não sendo utilizados na íntegra os pesos atribuídos no Projeto.

Uma das primeiras dificuldades apresentadas para a avaliação, foi a necessidade de desenvolvimento de programas específicos de tratamento das informações existentes na base de dados, visando a montagem das matrizes de apoio à aplicação do modelo e cálculo aplicado. Isto de uma certa forma teria de ser desenvolvido para qualquer outro ambiente ou sistema, que a base de dados e os resultados estivessem vinculados, uma vez que não existem aplicativos voltados diretamente à este modelo desenvolvido.

A escolha do formato de entrada dos mapas componentes e resultados dos processos analíticos, foi regida por uma futura universalidade ou facilidade de comunicação com todos os demais programas de SIG. A definição dos formatos ASCII e .BMP, como elementos de saída e comparação matricial, já caracterizam em parte esta universalidade, visto que se não todos, pelo menos os principais programas permitem exportação de seus arquivos, em formatos proprietários, para estes formatos.

No programa de cálculo o único ponto um pouco mais crítico, mas que não se consistiu em problema, foi o dimensionamento das matrizes, que na realidade, se comparadas aos sistemas de cálculo geodésicos e fotogramétricos, possuem dimensões irrisórias. Os cálculos matriciais envolvidos por sua vez são triviais e não apresentaram empecilhos na sua execução.

A avaliação teórica do modelo mostrou a sua viabilidade de aplicação, ficando a sua avaliação final para a aplicação prática, onde foi analisado aspectos de comportamento face à uma situação real, dentro do GEOHECO (2000).

A PMVC (pseudo matriz variância-covariância) é lida como um instrumento auxiliar, pois é através dela que é gerada a matriz de relevância. Porém ela também define e permite verificar se as variáveis estão correlacionadas, através dos valores externos à diagonal principal, que determinam a pseudo-covariância entre as variáveis. Quanto maior o correlacionamento, maior é o valor de ocorrência. Não se pode determinar um

valor específico, tanto de covariância como de variância, por se estar tratando de elementos relativos. Portanto o que mostrará a existência de correlacionamento é a comparação relativa dos valores definidos na PMVC.

A análise da Matriz de Relevância ou de Influência Propagada, é realizada através dos valores da diagonal principal, onde se apresentam os valores propagados das influências. Estes valores são lidos como indicadores da relevância, da hierarquização entre variáveis ou processos analíticos.

A Matriz de Correlação mostra a linearidade entre as variáveis ou processos, ou seja a tendência dos elementos analisados variarem linearmente ou não.

Quanto aos resultados da avaliação da aplicação do modelo ao PROJETO GEOHECO (2000), estes puderam ser considerados coerentes e animadores, destarte alguns problemas e anomalias surgidas. As seguintes conclusões podem ser estabelecidas, face aos resultados apresentados nas duas Fases de aplicação do modelo:

- Em todos os casos estudados ocorreram variações de valores significativas na aplicação com influência unitária e atribuída. em alguns casos, tais como Susceptibilidade à Incêndios e Geológico-geotécnico, a relevância na avaliação de processos, caiu sobre variáveis não condizentes, principalmente com influência unitária, distorções corrigidas quando da aplicação das influências atribuídas. Demonstrando assim a inviabilidade de se atribuir igual influência à todas as variáveis, dentro de um processo analítico geoecológico.
- A correlação obtida mostrou-se coerente com a pseudo-covariância. Valores pequenos de covariância foram traduzidos por uma pequena correlação linear, indicando a impossibilidade da existência de uma relação linear entre elas. Na prática, uma análise neste sentido mostra que as duas variáveis analisadas não tendem a variar juntas.
- Por outro lado uma alta correlação linear, além de indicar que existe um correlacionamento entre as variáveis, indica que tenderão a variar juntas linearmente. Assim a gestão sobre uma das variáveis forçosamente ocasionará uma modificação também na propagação da outra variável.

A tabela 8.1 mostra os resultados positivos e negativos alcançados na Fase 1. A negativa, caracteriza os resultados inconsistentes obtidos durante a aplicação do modelo.

Tabela 8.1 Resultados positivos e negativos – Relevância de Variáveis Fase 1

Processos	PMVC	Relevância	Correlação
Susceptibilidade aos Mov de Massa	SIM	SIM	SIM
Susceptibilidade à Incêndios	SIM	SIM	SIM
Hidrogeomorfológico	SIM	SIM	SIM
Geomorfológico	SIM	NÃO	SIM
Geológico-Geotécnico	SIM	NÃO	SIM

A tabela 8.2 apresenta os resultados da aplicação do modelo ao processo de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, com os resultados da PMVC, Matriz de Relevância e Correlação. O Anexo 5 apresenta os demais resultados para esta Fase

Tabela 8.2 Resultados da aplicação do Modelo ao Processos de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa - Fase 1

a) PMVC

Influência matriz unitária		
0.001	0.004	0.024
0.004	0.018	0.121
0.024	0.121	1.000

Influência atribuída		
0.0002	0.0009	0.0087
0.0009	0.015	0.119
0.0087	0.119	1.000

b) Matriz de Relevância ou Influência Propagada

Influência matriz unitária		
1	-0.308	0.013
-0.308	0.119	-0.007
0.013	-0.007	0.001

Influência atribuída		
1	0.078	-0.018
0.078	0.144	-0.018
-0.018	-0.018	0.002

c) Matriz de Correlação

Influência matriz unitária		
1.000	0.937	0.753
0.937	1.000	0.892
0.753	0.892	1.000

Influência atribuída		
1.000	0.541	0.601
0.541	1.000	0.968
0.601	0.968	1.000

Nestas matrizes pode-se verificar todo o comportamento descrito. Cada linha e coluna das matrizes representam as três variáveis finais do mapa:

- coluna 1 ou linha 1 = alta susceptibilidade
- coluna 2 ou linha 2 = média susceptibilidade
- coluna 3 ou linha 3 = baixa susceptibilidade

A análise destas matrizes permite extrair as seguintes conclusões, em relação à aplicação com influência atribuída:

- Pela PMVC, o correlacionamento existe, porém muito baixo em relação às variáveis alta e média e consideravelmente maior em relação à variáveis média e baixa.
- A variável alta susceptibilidade é a de maior relevância, seguida da média e da baixa. Os valores relativos são respectivamente, (multiplicados por 100): 100; 14.4 e 0.2, correspondendo à influência propagada pelo modelo de avaliação proposto.
- A matriz de correlação indica que nas variáveis de baixo correlacionamento, esta correlação não é linear, enquanto onde ocorre a maior covariância, a correlação é praticamente linear, apontando que estas duas variáveis (baixa e média susceptibilidade) tendem a variar linearmente em conjunto.

Cada um dos processos pode ser avaliado dentro desta mesma sistemática, determinando-se os elementos de covariância, relevância e correlação entre as variáveis.

Na relevância e correlação entre os processos analíticos, a metodologia é praticamente igual a ser aplicada. A tabela 8.3 apresenta os resultados da aplicação do modelo entre os processos de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios. Os demais resultados podem ser analisados no Anexo 5.

Tabela 8.3 Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios

a) Com Influência Unitária

PMVC	
1.000	0.249
0.249	0.428

Influência Propagada	
0.429	-0.249
-0.249	1.000

Correlação	
1.000	0.381
0.381	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC	
1.000	0.994
0.994	0.998

Influência Propagada	
0.998	-0.994
-0.994	1.000

Correlação	
1.000	0.996
0.996	1.000

A análise destes resultados, relativos à aplicação com a influência atribuída permite extrair as seguintes conclusões:

- Pela PMVC, existe um alta correlação entre os dois processos, próximos da unidade, indicando o relacionamento entre os dois processos.
- Pela Matriz de Relevância, ambos os processos tem relevância bastante próxima uma da outra, ou seja os valores de 100 para Susceptibilidade à Incêndios e 99,4 para Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, são praticamente idênticos, mostrando que estão em um mesmo nível de hierarquia.
- A matriz de correlação mostra que também os dois processos tendem a variar linearmente. Desta forma a gestão sobre as variáveis de um processo irá influenciar diretamente no outro processo e vice-versa. Isto já era esperado, tendo em vista o número de variáveis comuns entre os dois processos.

Na Fase 1, o principal problema encontrado foi determinado pelo aparecimento das matrizes de inversas sensíveis ou mal condicionadas, causado pela dependência linear surgida nas matrizes de contribuição de área, ocasionando a impossibilidade de obtenção das matrizes de relevância nos dois processos analíticos onde ocorreram (processos de Geomorfologia e Geológico-Geotécnico). Todos os demais resultados se apresentaram consistentes, tanto no processo de análise de correlação de variáveis, como na avaliação de mapas.

A aplicação do modelo nos demais processos, exceto no Geomorfológico e Geológico-geotécnico, pelos motivos já explanados, apresentaram resultados considerados satisfatórios.

A expectativa maior estava agora na avaliação do comportamento dos resultados da aplicação do modelo à Fase 2 do GEOHECO (2000), em relação aos resultados da Fase 1.

Inicialmente a comparação com a Fase 1 e mesmo alguns dos resultados apresentados dentro da correlação de variáveis na Fase 2, foram frustrantes, pois os valores não eram coerentes, e os próprios resultados apresentaram inconsistências e anomalias, ocorrendo inclusive inversões de influência com resultados incompatíveis. Essas anomalias não tiveram suas causas detectadas. No entanto alguns comportamentos estavam compatíveis com a Fase 1.

A tabela 8.4 mostra os resultados da correlação e relevância de variáveis para o processo de susceptibilidade aos Movimentos de Massa. Os demais resultados podem ser apreciados no Anexo 6.

Tabela 8.4 Resultados da aplicação do Modelo ao Processos de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa - Fase 2

a) PMVC

Influência matriz unitária		
0	0.007	0.015
0.007	0.211	0.407
0.015	0.407	1

Influência atribuída		
0.000352	0.00648	0.00655
0.00648	1.000	0.1764
0.00655	0.1764	0.5204

b) Matriz de Relevância ou Influência Propagada

Influência matriz unitária		
1	-0.013	-0.01
-0.013	0.005	-0.002
-0.01	-0.002	0.001

Influência atribuída		
1.000	-0.00453	-0.01105
-0.00453	0.000286	-0.00004
-0.01105	-0.00004	0.0006333

c) Matriz de Correlação

Influência matriz unitária		
1	0.701	0.723
0.701	1	0.886
0.723	0.886	1

Influência atribuída		
1	0.346	0.484
0.346	1	0.244
0.484	0.244	1

Comparando-se estes resultados com os da Fase 1, verifica-se que a relatividade entre eles é praticamente a mesma, porém os valores mostram que o correlacionamento diminuiu, como também a relevância entre as variáveis e a correlação.

Os resultados da Susceptibilidade à Incêndios, mostraram um comportamento anômalo, apresentando uma relevância sobre uma variável sem significação, no caso, solo exposto, sem que fosse encontrada uma justificativa plausível para isto.

Os resultados da Hidrogeomorfologia, a menos da magnitude de valores, foram coerentes com a Fase 1.

Os resultados da Geomorfologia e Geológico –geotécnico apresentaram os mesmos problemas da Fase 1, em relação às inversas sensíveis, inviabilizando a definição das Matrizes de Relevância. A PMVC e Matriz de Correlação no entanto, não apresentaram problemas.

No entanto, na correlação de mapas, a frustração transformou-se em animação, visto ocorrer, a menos da magnitude de valores, a mesma tendência de resultados apresentados na Fase 1. Praticamente em termos relativos, ocorreram resultados semelhantes nas duas Fases, confirmando desta forma as expectativas de comportamento de correlação e relevância entre os processos. A tabela 8.5 apresenta os resultados da correlação e relevância entre os processos de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios. Os demais resultados podem ser apreciados no Anexo 6.

Tabela 8.5 Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios – Fase 2

a) Com Influência Unitária

PMVC	
1.000	0.233
0.233	0.425

Influência Propagada	
0.425	-0.233
-0.233	1.000

Correlação	
1.000	-0.358
-0.358	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC	
1.000	0.52156
0.52156	0.521562

Influência Propagada	
0.521562	-0.52156
-0.52156	1

Correlação	
1.000	0.722
0.722	1.000

Apresentado este resumo, do que foi desenvolvido pela análise dos resultados do modelo proposto, pode-se concluir que de uma maneira geral, o modelo apresentou um comportamento coerente, demandando no entanto um aprofundamento para verificar causas dessas ocorrências anômalas.

Face o exposto, podem ser apresentadas as seguintes conclusões, em relação ao modelo de avaliação proposto:

- O modelo apresenta consistência na sua formulação. O embasamento matemático é suficiente para estabelecer a sua rigidez como um modelo de avaliação de correlação de variáveis e de resultados de processos analíticos em SIG.
- A maior parte dos resultados apresentados foram consistentes e coerentes. Alguns resultados anômalos foram explicados e justificados. Os demais necessitam de um aprofundamento dos estudos visando explicações e justificativas sobre o seu comportamento.

- Os resultados das correlações de mapas foram coerentes nas duas Fase estudadas.
- O modelo proposto apresenta-se como uma solução possível à determinação da correlação de mapas e variáveis, em termos determinísticos, contrapondo-se aos estudos de BONHAM-CARTER (1994), que apresenta uma solução estocástica, só possível de ser aplicada quando o processo analítico envolver componentes quantitativos, enquanto este, pode também ser aplicado à processos qualitativos.
- Este modelo não é o fim de uma pesquisa, muito pelo contrário é o seu início. A partir deste momento julga-se necessário e imperioso que sejam envidados esforços para o aprofundamento do conhecimento do seu comportamento. Este estudo deve envolver aplicações em outras bases de dados, processos analíticos e mesmo outros SIGs, procurando estabelecer os parâmetros do seu modelo de comportamental, bem como determinar as causas de quaisquer comportamentos anômalos.
- O modelo tem viabilidade de ser aplicado à quaisquer processo analíticos, não só à aqueles sob a ótica Geo-hidroecológica

Em razão destas conclusões, pode-se afirmar com segurança que o objetivo principal deste trabalho foi atingido de forma satisfatória.

8.3 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Reafirmando o que foi apresentado no item anterior, o modelo proposto é o início de uma pesquisa, tendo-se muito ainda o que avançar para que seja disponibilizado de maneira completamente operacional. Foi mostrado, no entanto, a sua viabilidade técnica, tanto em termos de operacionalidade como em termos de funcionalidade. Nesse aspecto serão apresentadas algumas recomendações, visando uma complementação dos estudos realizados.

8.3.1 Recomendações

São as seguintes as recomendações estabelecidas pelo trabalho:

- deve ser elaborada uma verificação das causas de resultados anômalos;
- estabelecer a aplicação do modelo à outros processos analíticos;
- estender o trabalho à outros SIGs e bases de dados;
- divulgar o trabalho para outras organizações que estejam envolvidas com Geoprocessamento, para testá-lo em outros ambientes.

8.3.2 Sugestões para Trabalhos Futuros:

Como sugestões para o desenvolvimento e continuação da pesquisa, propõe-se os itens abaixo discriminados:

- adaptação e aperfeiçoamento dos programas desenvolvidos para serem aplicados de forma mais universal à quaisquer Sistemas de Informações Geográficas;
- estabelecer o modelo com a associação de dados sócio-econômicos, conjugados com as informações do meio geo-biofísico, com a finalidade de verificar como o modelo se comporta face à estas novas associações.
- verificar a possibilidade de extensão do modelo, para a correlação de resultados de processos analíticos idênticos, sobre bases de dados diferenciadas e áreas geográficas também distintas.
- estudar o comportamento da influência do processo analítico no modelo, ou seja, realizar um processo de aplicação reversa do modelo, verificando quantitativamente o quanto a estrutura do processo analítico interfere no modelo.
- estudar e determinar a ocorrências de anomalias comportamentais, bem como suas causas e formas de saneamento, estabelecendo respostas objetivas e padrões de comportamento para serem aplicados aos modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI, **Dictionnaire Multilingue de Termes Techniques Cartographiques**, Association Cartographique International, Paris. 1992.
- ALLEN, T. F. H. e STARR, T. B. **Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity**, University of Chicago Press, Chicago, 287 pag, 1982.
- ANDREWS, J. H., **Definitions of the word 'map'**, 1649-1996, <http://geography.about.com/education/geography/gi/dynamic/offsite.htm?site=http://www.usm.maine.edu/%7Emaps/essays/andrews.htm>, 1998,
- ANTENNUCCI, J. C. et alii, **Geographic Information Systems: A Guide to the Thecnology**, NY. Chapman & Hall. 1991.
- ARLINGHAUS, S. L., **Practical Handbook of Digital Terms and Concepts**, CRC Press, Boca Raton. 1994.
- ARONOFF, S., **Geographic Information Systems: A Manegement Perspective**. Ottawa: WDL Publications, 326 pp. 1989.
- BATES, R. L., JACKSON, J. A. **Glossary of Geology**, 2nd edn, Falls Church, Virginia: American Geological Institute, 1980.
- BÉGUIN, M.; PUMAIN, D., **La Représentation des Données Géographiques**. Armand Colin. Paris. 192 pp. 1994.
- BENEDICT, E. & LEHMANN, E., **The Environmental situation of the Halle-Leipzig region, detail from a map 1: 500 000**. Examples of Environmental Maps. IGU/ICA. Madrid. 1980.
- BENEVENTO, A. L.; MENEZES, P. M. L., **Erros de Digitalização com GPS, GIS Brasil 99**, Salvador, Bahia. 1999.
- BEN-ISRAEL, A. & GREVILLE, T. N. E. **Generalized Inverses: Theory and Applications**. New York: Wiley, 1977.
- BERTIN, J., **Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps..** Madison, WI: University of Wisconsin. 1983.
- BJERHAMMAR, A. , **Theory of Errors and Generalized Matrix Inverses**. Elsevier Scientific Publishing Co. New York., 1973.

- BOARD, C., **Report of the Working Group on Cartographic Definitions**, Cartographic Journal, 29, pp 65-69. 1990.
- BOMFORD, G., **Geodesy**, 3rd Ed. Oxford University Press 1977.
- BONHAN-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists - Modelling with GIS**. Kindlington: Pergamon Press. 1994.
- BOTKIN, D. B. **Discordant Harmonies: A New Ecology for the Twenty-First Century**, New York, Oxford University Press, 1990.
- BOYLE, A. R., **Automated Cartography**, World Cartography, 15, 63-70. 1979.
- BRASSEL, K. & WEIBEL, R. A Review and a Framework of Automated Map Generalisation. **International Journal of Geographical Information Systems**, 2, 229-244, 1988.
- BURKARD, R. K., **Geodésia-Apreciação de seus Objetivos e Problemas**, Secretaria da Agricultura, Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, 1974.
- BURROUGH, P. A. & MACDONNEL, R. A., **Principles of Geographical Information Systems**, New York, Oxford University Press, 333 pp. 1998.
- BURROUGH, P. A., **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Monographs on Soil and Resources Survey No 12, New York: Oxford University Press, 193 pp. 1986.
- CASTRO, M.C., **SIG - Sistema de Informação Geográfica ou sig - sintetizador de ilusões geográficas Desconstruindo uma formação discursiva**. Orientador: Paulo César da Costa Gomes. Rio de Janeiro: UFRJ/ Pós-Graduação em Geografia,. 280p. Tese de Doutorado. 2000.
- CHORLEY, R. J. & KENNEDY, B. A., **Physical Geography: a Systems Approach**. London Allen & Unwin. 1971
- CHOU, Y., **Exploring Spatial Analysis in GIS**. Santa Fé. OnWord Press. 1997.
- CLARKE K., **Analytical and Computer Cartography**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 334 pp. 1995.
- CLAUSMAN, P. H. M. A., **De ekologische waarderingskaart van het Krome**. Rijnrapporten nr 39. Utrecht, 1975.
- COELHO NETTO, A. L. **Meio Ambiente e Natureza: Concepções e Abordagens na Geografia, Revisões Conceituais em Geografia**, In: **I Encontro de Professores de Geografia de 1º d 2º Graus do Grande Rio**, NUPGEO/CAP-UFRJ, Rio de Janeiro. 1996.

- COELHO NETTO, A. L., AVELAR, A. S., DANTAS, M. E., ROCHA LEÃO, O. M. **Diagnóstico Geo-Biofísico – Programa de Zoneamento Econômico-Ecológico do Estado do Rio de Janeiro.** Governo do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Estado de Meio Ambiente, UFRJ, Rio de Janeiro. 1996.
- COELHO NETTO, A. L., **SISTEMAS AMBIENTAIS E ESTRUTURAS FUNCIONAIS DA PAISAGEM TROPICAL ÚMIDA: um método de análise geográfica sob a ótica geo-hidroecológica.** Pesquisa desenvolvida sob os auspícios do Cons. Nac.de Desenv. Científico e Tecnológico/CNPq, Fund. de Amp. Pesq. do Rio de Janeiro/FAPERJ, Fund. Univ. José Bonifácio/FUJB, PRONEX/FINEP-CNPq e FUJB-PROBIO-Banco Mundial. Inédito. 2000.
- COELHO NETTO, A.L. - **A Geomorfologia Frente aos Problemas Ambientais.** In: Anais do I Workshop de Geociências, gráfica do IGEO, UFRJ, Vol.15, pp. 157-162, 1992.
- COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de Encostas na Interface com a Geomorfologia; cap 3, Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. - **Geomorfologia: uma Revisão de Conceitos e Bases**; Ed. Bertrand: pp. 93-148. 1994.
- COELHO NETTO, A.L. & CASTRO JR, E. C. **A Geoecologia como Interface da Geografia com a Ecologia.** In: Anais do 2º Encontro Nacional. ANPEGE: Desafios e Alternativas para a Gestão do Território, 1997.
- COLE, L. C. **The Ecosphere**, Scientific American, 198: 83-96. 1958.
- COWEN, D. J., **GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences?**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54: 1551-4. 1988.
- CROMLEY, R. G., **Digital Cartography.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 317 pp. 1992.
- de BLIJ, H. J. & MÜLLER, P. O., **Physical Geography of the Global Environment.** New York, John Wiley & Sons. 1993.
- DELCOURT, H. R. & DELCOURT, P. A. **Quaternary Landscape Ecology: Relevant Scales in Space and Time.** Landscape Ecology 2:23-44. 1988.
- DENT, B. D. **Cartography: Thematic Map Design**, 4th Ed, Dubuque, Iowa, 1999
- DRAMSTAD, W. E., **Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning**, 1996

- EHLERINGER, J. R. & FIELD, C. B., **Scaling Physiological Processes: Leaf to Globe**, Academic Press, San Diego. 1993.
- ENCICLOPÉDIA BRITÂNICA, **Encyclopedia Britannica On Line**, <http://www.eb.com/>, 1999
- FADDEEVA, V. N. **Computational Methods of Linear Algebra**. New York, Dover Press, 1958.
- FIGUEIRA, M. G. & MENEZES, P. M. L., **Estudo de Deformações nas Representações Cartográficas no Estado do Rio de Janeiro**, Encontro Nacional de Geógrafos, Florianópolis, SC, 2000
- FORMAN, R. T. T. & GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons, New York. 1986.
- FRIEDMAN, H. The Science of Global Change – an Overview. T.F. MALONE & J. G. ROEDERER (eds). **Global Changes**. pp 20-52. Cambridge, ICUS Press, Cambridge University Press. 1985.
- GALVÃO, M. C. C. Focos sobre a Questão Ambiental no Rio de Janeiro. **Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro**. ABREU, M. A. A. *et al.*. Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes, Depto Geral de Documentação e Informação Cultural, Divisão de Editoração (Biblioteca Carioca), 352 pp. 1992.
- GEMAEL, C. **Aplicações do Cálculo Matricial em Geodésia: Ajustamento de Observações**. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba, PR. 1973a.
- GEMAEL, C. **Inversas Generalizadas**. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba, PR. 1973b.
- GEMAEL, **Notas de Aula de Geodésia I**. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR, Curitiba, PR. 1975.
- GEOHECO. **ESTUDOS DE QUALIDADE AMBIENTAL DO GEOECOSSISTEMA DO MACIÇO DA TIJUCA**, Projeto – Processo 14/000-831/99, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. 2000
- GOLLEY, F. B.. In: H. F. H. LEITH & R. H. WHITTAKER, **Patterns of Primary Production in the Biosphere**, (Benchmark Papers in Ecology, vol 8), pp v-vi, Stroudsberg, Pennsylvania, Hutchinson & Ross. 1978.

- GOODCHILD, M. F. & QUATTROCHI, D. A., **Scale, multiscaling, remote sensing and GIS**, *Scale in Remote Sensing and GIS*, Lewis Pub, CRC Press, Boca Raton. 1997.
- GOODCHILD, M.; BRADLEY, P.; STEYAERT, L., **Environmental Modelling with GIS**. New York: Oxford University Press, 488 pp. 1993.
- GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D., , **Geographical Information Systems: Principles and Applications**. (2 volumes) John Wiley & Sons , New York. 1991.
- GUENIN, R., **Cartographie Générale**. Collection Scientifique d L'Institut Geographique National. Eyrolles. Paris. 1972.
- GUTMANN, P. **Desarollo Rural y Medio Ambiente en America Latina**, Centro Editor de America Latina, Buenos Aires. 1988.
- HAINES, Y., Landscape Ecology and Spatial Information System. **Landscape Ecology and GIS**. Taylor & Francis, London. 1993
- HARRIS, J. **Lexicon technicum: or, an universal English dictionary of arts and sciences**, London., 1708.
- HARVEY, D., **Explanation in Geography**. Edward Arnold, London, 1969.
- HENIN, S., FOURNIER, F., **Definition et Methode d'étude du Problème. La Transformation des Terres**, Bases Methodologique, exemples Français. Recherche Scientifique et Technique sur l'Environnement. Ministère de L'Environnement. 1982.
- HIRVONNEN R. A. **Adjustment by Least Squares in Geodesy and Photogrammetry**. New York: Frederic Ungar. 261p. 1971.
- HUGGETT, R. J. **Climate, Earth Processes and Earth History**. Heidelberg. Springer Verlag. 1991.
- HUGGETT, R. J. **Geocology an Revolutionary Approach**. Routledge. London. 1995,
- IBGE. **Mapa da Fauna em Extinção**. Mapeamento do Brasil na Série 1: 5 000 000. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, DEGEO, Dcart, 1989.
- INPE. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite 1998-1999**. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto de Pesquisas Espaciais, 2000.

INTERNATIONAL GEOSPHERE-BIOSPHERE PROGRAMME, **The International Geosphere-Biosphere Programme: a study of Global Change**. The Initial Core Projects, Report N° 12 Stockholm, 1990.

IPLAN-RIO, **Mapa de Uso do Solo da Cidade do Rio de Janeiro**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, IPLAN-RIO, 1998.

JOÃO, E. M. **Causes and Consequences of Map Generalization**. Taylor & Francis, London, 266p. 1998.

JONES, C., **Geographical Information Systems and Computer Cartography**, Addison Wesley Longman Limited, Essex, England, 319 pp. 1997.

JOURNAUX, A., **Cartes de l'Environnement et sa Dynamique a 1/ 500 000**. Distributed by ASFORMASUP, Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen. 1979.

JOURNAUX, A., **Légende pour une Carte de l'Environnement et de sa Dynamique**. Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Caen. 18 p. 1975.

KLINK, H. J. **Geocology and Natur Regionalization – Bases for Environmental Research** – in Applied and Development, vol 4. 1974.

KOESTLER, A. Beyond Atomism and Holism-the Concept of Holon. In: Koestler A. and J. R. Smithies (Eds), **Beyond Reductionism: New Perspectives in Life Sciences**, Hutchinson of London, pp 192-216. 1969.

KRAAK M. J. & ORMELING F. J., **Cartography-Visualization of Spatial Data**, Addison Wesley Longman Limited, Essex, England, 222 pp. 1996.

KRUIJF, H. A. M.; SCHOUTEN, A. J., **On Problem of Measuring Vulnerability os Soil Ecosystems**. W. van Duijvenbouden, H. G. v. W., ed., Vulnerability of Soil and Groundwater Polluttants. The Hague, p 97-109. 1987.

LAM, N. & QUATTROCHI, D. A., **On the issues of scale, resolution, and fractal anlysis in the mapping sciences**, In Prof Geographer, 44, 88-98. 1992.

LAURINI, R.; THOMPSON, D. **Fundamentals of Spatial Information Systems**. Toronto: Academic Press, 680 pp. Longman., 1992.

LAW, A. M.; KELTON, W. D., **Simulation Modeling and Analysis**. McGraw-Hill Book Company, NY. 1982.

LESZCZYCKI, S., **Environment Maps**. Geographica Polonica nr 33, pp 19-25. 1976.

- LING, B., 1997, **Multiscale nature of spatial data in scalling environmental models**, In **Scale in Remote Sensing and GIS**, Lewis Pub, CRC Press, Boca Ratton, 406 pag
- MAHLING, D. H., **Coordinate Systems and Map Projections**. 2nd Ed. Pergamon Press, NY. 476 p. 1993.
- MARBLE, D. F., **The Computer and Cartography**, The American Cartographer, 14, 101-103. 1987.
- MATEO, J.; MAURO, A., **Análise da Paisagem como Base para uma Estratégia de Organização Ambiental**. UNESP, Rio Claro. 29pp. 1994.
- MATTSON, S. **The Constitution of the Pedosphere**. Annals of the Agricultural College of Sweden 5: 261-276. 1938.
- MEIRELLES, M.S. P., **Análise Integrada do Ambiente através de Geoprocessamento – Uma Proposta Metodológica para Elaboração de Zoneamentos**. Orientadora: Ana Luiza Coelho Neto. Rio de Janeiro: UFRJ/ Pós-Graduação em Geografia, 280p. Tese de Doutorado. 1997.
- MENEZES, P. M. L. & CRUZ, C. B. M. *et alii*. **Considerações Cartográficas em Geoprocessamento - A Problemática Atual**, Seminário Estadual de Geoprocessamento, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1996.
- MENEZES, P. M. L. & CRUZ, C. B. M., **Considerações sobre Bases Cartográficas Digitais**, XVIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1997.
- MENEZES, P. M. L. **Aquisição, Tratamento e Armazenamento de Cartas Topográficas Digitalizadas**, Tese de Mestrado, IME, RJ. 155 pp. 1987.
- MENEZES, P. M. L., **Notas de Aula de Cálculo de Ajustamento**. Não publicadas. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1981.
- MENEZES, P. M. L., **Notas de Aula de Cartografia e Cartografia Temática**, Não publicadas, Curso de Graduação em Geografia, Dep de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 1996a.
- MENEZES, P. M. L., **Notas de Aula de Cartografia Temática**. Não publicadas. Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996b.

- MIKHAIL, E. M., **Observations and Least Squares**. University Press of America, Washington DC, 1976.
- MILANOVA, V. & KUSHILIN, A. V. - **Landscape Mapping and Assessment at Global and Regional Scales** in Mapping Sciences and Remote Sensing vol 30 pp 270-281- V. H. Winston & Sons. 1993.
- MOELLERING, H. **Designing Interactive Cartographic Systems Using the Concepts of Real and Virtual Maps**. Proceedings, AUTOCARTO 6, Sixth International Symposium on Computer –Assisted Cartography, Ottawa, vol2 pp 53-64. 1983.
- NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A. **Landscape Ecology: Theory and Application**, 2nd Ed. New York. Springer Verlag. 1993.
- NGCIA, Technical Report 89-6: **Use and Value of Geographic Information: Initiative 4 Specialist Meeting Summary Report**, compiled and edited by Harlan J. Onsrud & Nancy J. Obermeyer. Bufallo. 1989
- NIR, D. - **“Region as a System”** in: Region as a social environmental system: a introduction to a systematic regional geography. Kleves Acad. Publ., Nertherlands, p.76-87, 1990.
- O’NEILL, R. **Hierarchy Theory and Global Change**. In: Scales and Global Changes, John Wiley & Sons, New York. 1988.
- OLIVEIRA, C., **Dicionário Cartográfico**, IBGE, 1^a Ed. Rio de Janeiro, RJ. 640 pp. 1980.
- ORMELING, J. F., **Environmental Mapping in Transition**. Proceedings of the Seminar on Teaching Cartography for Environmental Information Management. Enschede, Net. 1989.
- OZENDA, R.. The Mapping of the Ecology. **Acta Geographica**, Moscow, n 34. 1978.
- PETERSON, M. P. **Interactive and Animated Cartography**, Prentice Hall, NY, 464 pp, 1995.
- PEUCKER, T. K., **Computer Cartography**, Commission on College Geogaphy Resouce Paper 17, Association of American Geographers, Washington, D. C. 1972.
- PEUQUET, D. J., **A Conceptual Framework and Comparison of Spatial Data Models**, Cartopgraphica, 21, 66-113. 1984.

- PICKETT, S. T. A. & WHITE, P. S. (eds) **The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics**. Academic Press. Orlando, USA. 1985
- PRESS, W. H.; FLANNERY, B. P.; TEUKOLSKY, S. A.; & VETTERLING, W. T. "Sparse Linear Systems." §2.7 in *Numerical Recipes in FORTRAN: The Art of Scientific Computing*, 2nd ed. Cambridge, England: Cambridge University Press, pp. 63-82, 1992.
- QUINTELLA, J., **Determinacion de las Potencialidades Naturales en un Sector del Municipio San Antonio de Cabeza**. Universidad de Habana. Cuba. 1994.
- RAMALHO, R. S., **Análise Ambiental do Potencial Turístico da Vertente Sul do Maciço do Gericinó-Mendanha - Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro**. Orientadora: Josilda S. de Moura. Rio de Janeiro: UFRJ/ Pós-Graduação em Geografia, Tese de Mestrado. 1999.
- RASTALL, R. H. *Lake and Rastall's Textbook of Geology*. Ver por RASTAL, R. H.. 5th Edn. London. Edward Arnold. 1941.
- RHIND, D. H., **Computer Assisted Cartography**, *Transactions, Institute of British Geographers*, 2, 71-97. 1977.
- RISSER, P. G., KARR, J. R. & FORMAN, R. T. T. **Landscape Ecology: Directions and Approaches**. Illinois Natural History Survey Special Publications 2, Champaign-Urbana, Illinois Natural History Survey. 1984.
- ROBINSON, A. H., MORRISON, J. L., MUEHRCKE, P. C., KIMERLING, A. J. & GUPTILL, S. C., **Elements of Cartography** – 5th Ed., New York, John Willey & Sons. 1985.
- ROBINSON, A. H., MORRISON, J. L., MUEHRCKE, P. C., KIMERLING, A. J. & GUPTILL, S. C., **Elements of Cartography** – 6th Ed, 544 pp, New York, John Willey & Sons. 1995.
- RUDENKO, L. G. & BOCHKOVSKAYA, A. I. - The Emergence of Ecological-Geographic Mapping. **Mapping Sciences and Remote Sensing**, v 31, p 127-137. 1994a.
- RUDENKO, L. G. & BOCHKOVSKAYA, A. I. **The Emergence of Ecological-Geographic Mapping**. In: *Mapping Sciences and Remote Sensing*, vol 31 pp 127-137- V. H. Winston & Sons. 1994b.
- RYASHCHENKO, S. V., **Cartographic Analysis of Condition Responsible for Quality of the Environment**, in *Methodological Principles of Medical Geography*, 6th All-Union Conference, 1983

- SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado**. Rio de Janeiro. Ed Hucitec. 1991.
- SAUER, C. The Morphology of Landscape. In J. Leighly (org). **Land and Life – A Selection from the Writings of Carl Ortwin Sauer**. Berkeley. The University of California Press, pp 315-50. 1963.
- SLOCUM, T. A., **Thematic Cartography and Visualization**, NY Prentice Hall. 1999.
- SMITH, P. G. R.; THEBERGE, J. B., **A Review of Criteria for Evaluating Natural Areas. Environmental Management**. Vol 10. p 715-734. 1986.
- SMUTS, J. C. **Holism and Evolution**. 2a Ed. Viking Press. New York. 1971.
- STEINBERG, J. & HUSSER, H., **Cartographie Dynamique Applicable a L'amenagement**. Paris, Sedes,. 132pp. 1988
- STEYAERT, L. T. A Perspective on the State of Environmental Simulation Modeling. In GOODCHILD *et alii*. **Environmental Modelling with GIS**, P 17-30. 1993.
- STRAHLER, A. N. - **Equilibrium theory of erosional slopes approaches by frequency distribution analysis**. Amer. J. Sci. n0 248, pp. 673-696, 1952
- SUESS, E. **Die Entstehung der Alpen**. Wien. W. Braunmüller. 1875.
- TANSLEY, A. G. **The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms**. Ecology 16: 284-307., 1935.
- THROWER, J.W. N., **Maps and civilization: cartography in culture and society**, University of Chicago Press, Chicago, p. 254. 1996.
- TORGE, W., **Geodesy**, 2nd ed. Walter De Gruyter, NY. 264 pp. 1991.
- TROLL, C. **Die Geographische Landschaft und ihre Erforschung**. Studium Generale (Heidelberg) 3:163-181. 1950.
- TROLL, C. **Luftbildplan und ökologische Bodenforschung**. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zur Berlin. pp. 241 - 298. 1939.
- TURNER, M. G. & GARDNER, R. H. Predicting Across Scales: Theory, Development and Tests. **Landscape Ecology** 3: 245-252. 1989.
- TURNER, M. G. & GARDNER, R. H. **Quantitative Methods in Landscape Ecology: the Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity**. (Ecological Studies, vol 82). pp 3-14. New York. Springer Verlag. 1991.
- TURNER, M. G., *et alii*. Effects of changing spatial scale on analysis of landscape pattern. **Landscape Ecology**, 3, p 153-162. 1989

- TYNER, J., **Introduction to Thematic Cartography**, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey, 299 pp. 1992.
- UNWIR, D., **Introductory Spatial Analysis**, London, Methuen. 1981.
- VANICEK, P., **Geodesy the Concepts**, North Holland Publishing Co. 691p. 1982.
- VIANNA, C. R., **Generalização Cartográfica em Ambiente Digital Escala 1:250 000 a Partir de Dados Cartográficos Digitais na Escala 1: 50 000**, Tese de Mestrado, IME, Rio de Janeiro. 1997.
- VINK, A. P. A. **Landscape Ecology and Land Use**, tradução do autor, editado por D.A. Davidson. London. New York. Longman. 1983.
- WOLF, P. R. & GHILANI, C. D., **Adjustment Computations: Statistics and Least Squares in Surveying and GIS**, John Wuley & Sons, Inc, New York, 563p. 1997.
- ZONNEVELD, I. S. **Textbook of Photointerpretation**, Vol 7. (Chapter 7: Use of aerial photointerpretation in Geography and Geomorphology). ITC. Enschede. 1972.

ANEXO 1

MAPAS DA FASE 1

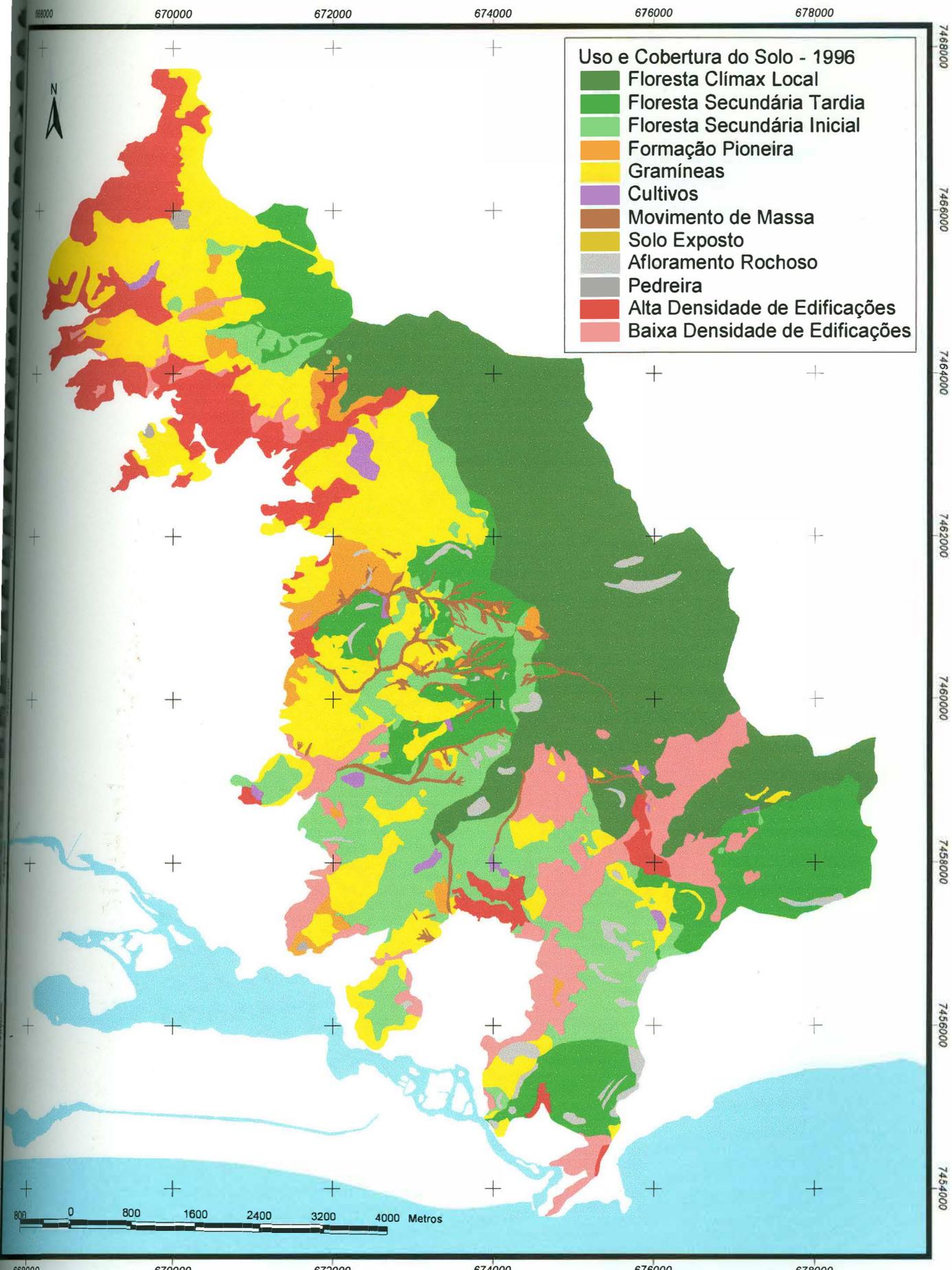
Neste Anexo estão representados os mapas da Fase 1 do GEOHECO (2000).

São apresentados os mapas componentes dos processos analíticos-integrativos, listados abaixo:

- Aspecto;
- Geologia;
- Gradiente;
- Morfologia de Encostas;
- Declividade;
- Geotécnico;
- Densidade de Drenagem e
- Uso e Cobertura do Solo 96.

Os mapas resultados dos processos analíticos-integrativos, por sua vez, são os seguintes:

- Geológico-Geotécnico;
- Geomorfológico e
- Hidrogeomorfológico.
- Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e
- Susceptibilidade à Incêndios.

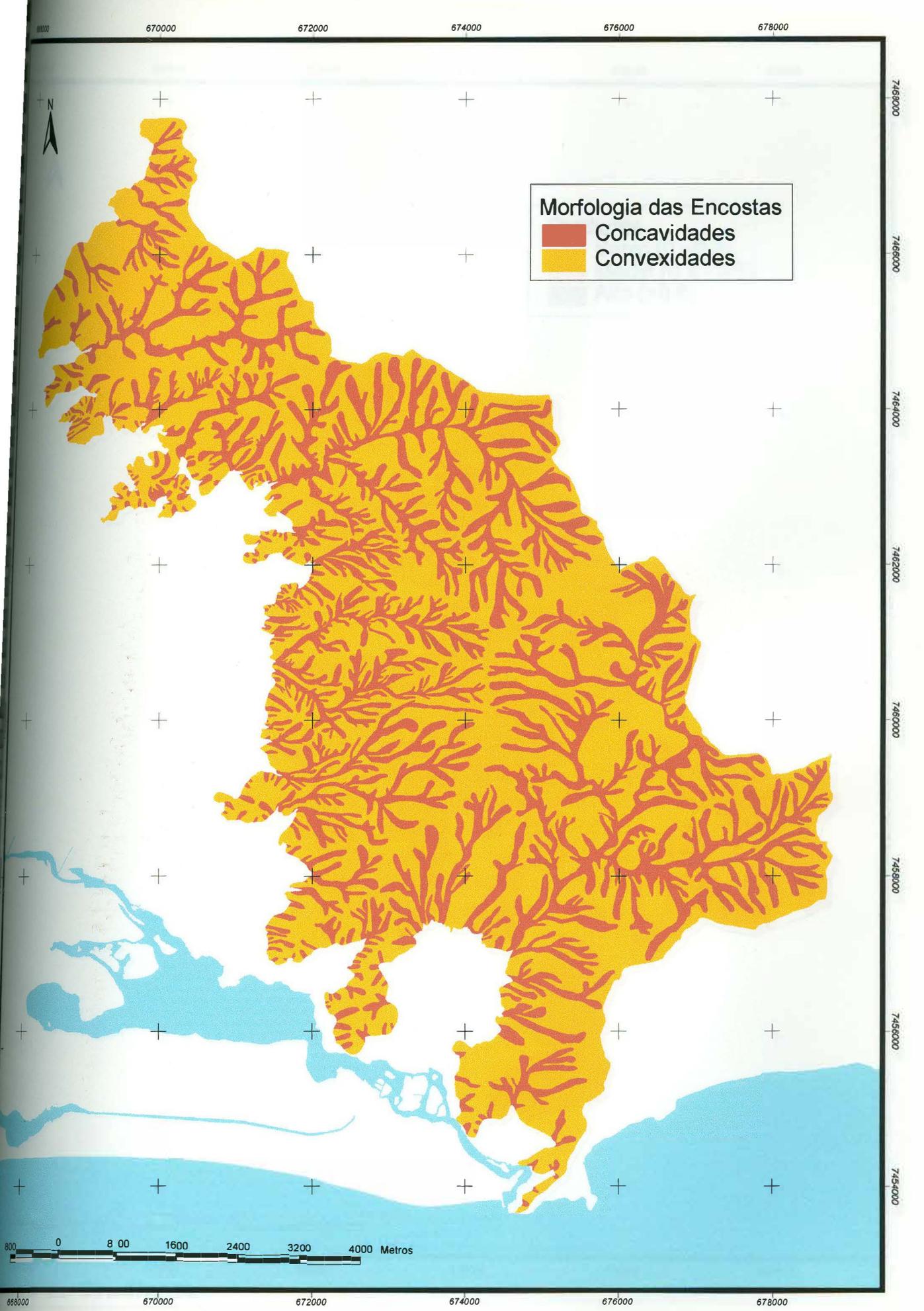


- Uso e Cobertura do Solo - 1996**
- Floresta Clímax Local
 - Floresta Secundária Tardia
 - Floresta Secundária Inicial
 - Formação Pioneira
 - Gramíneas
 - Cultivos
 - Movimento de Massa
 - Solo Exposto
 - Afloramento Rochoso
 - Pedreira
 - Alta Densidade de Edificações
 - Baixa Densidade de Edificações

Mapa de Uso e Cobertura do Solo - 1996

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/GEO/UF RJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

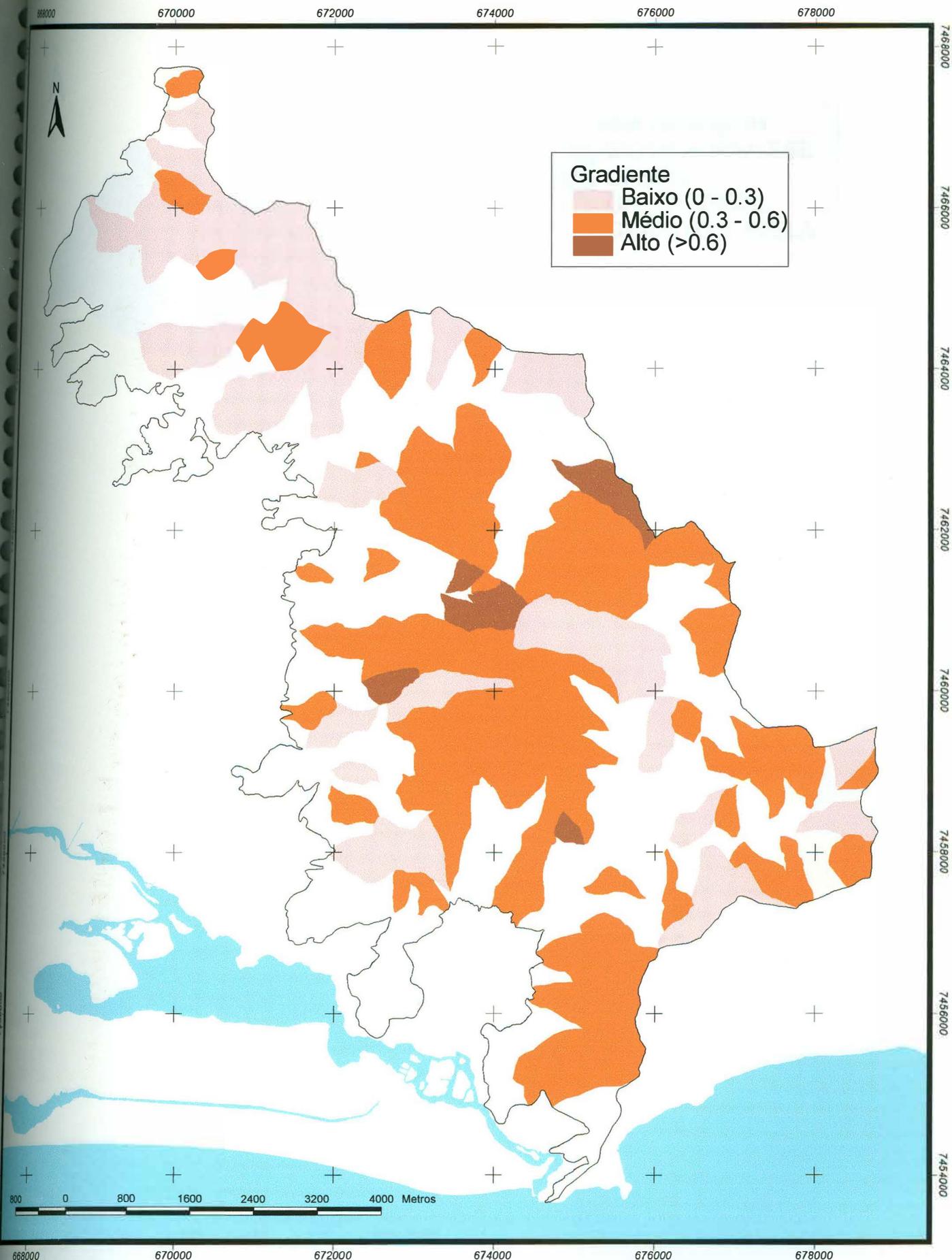


Morfologia das Encostas
 Concavidades
 Convexidades

Mapa de Morfologia das Encostas

Maciço da Tijuca
 Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Intervenção: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



Mapa de Gradiente

Macço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Macço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geo-hidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Intervenção: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

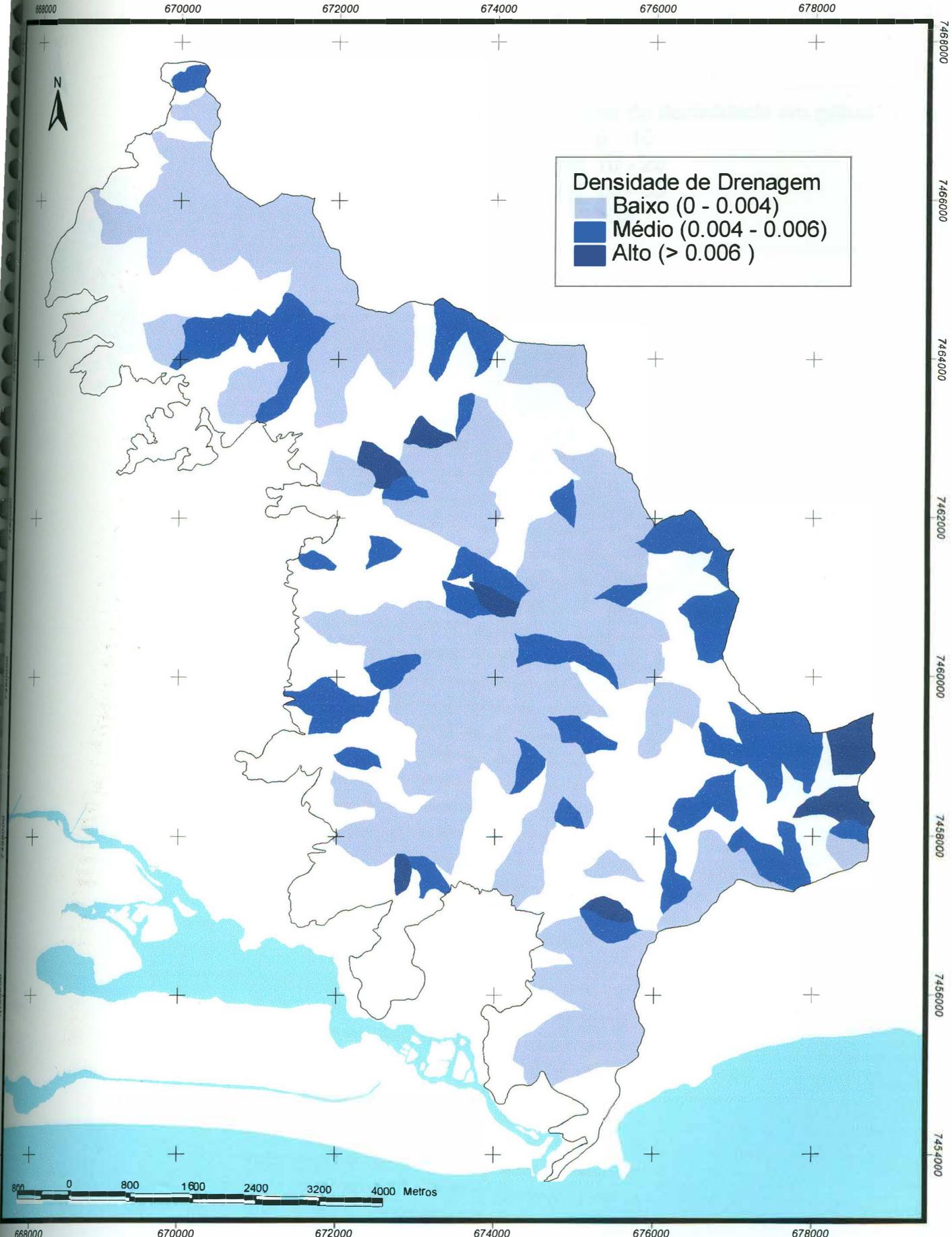


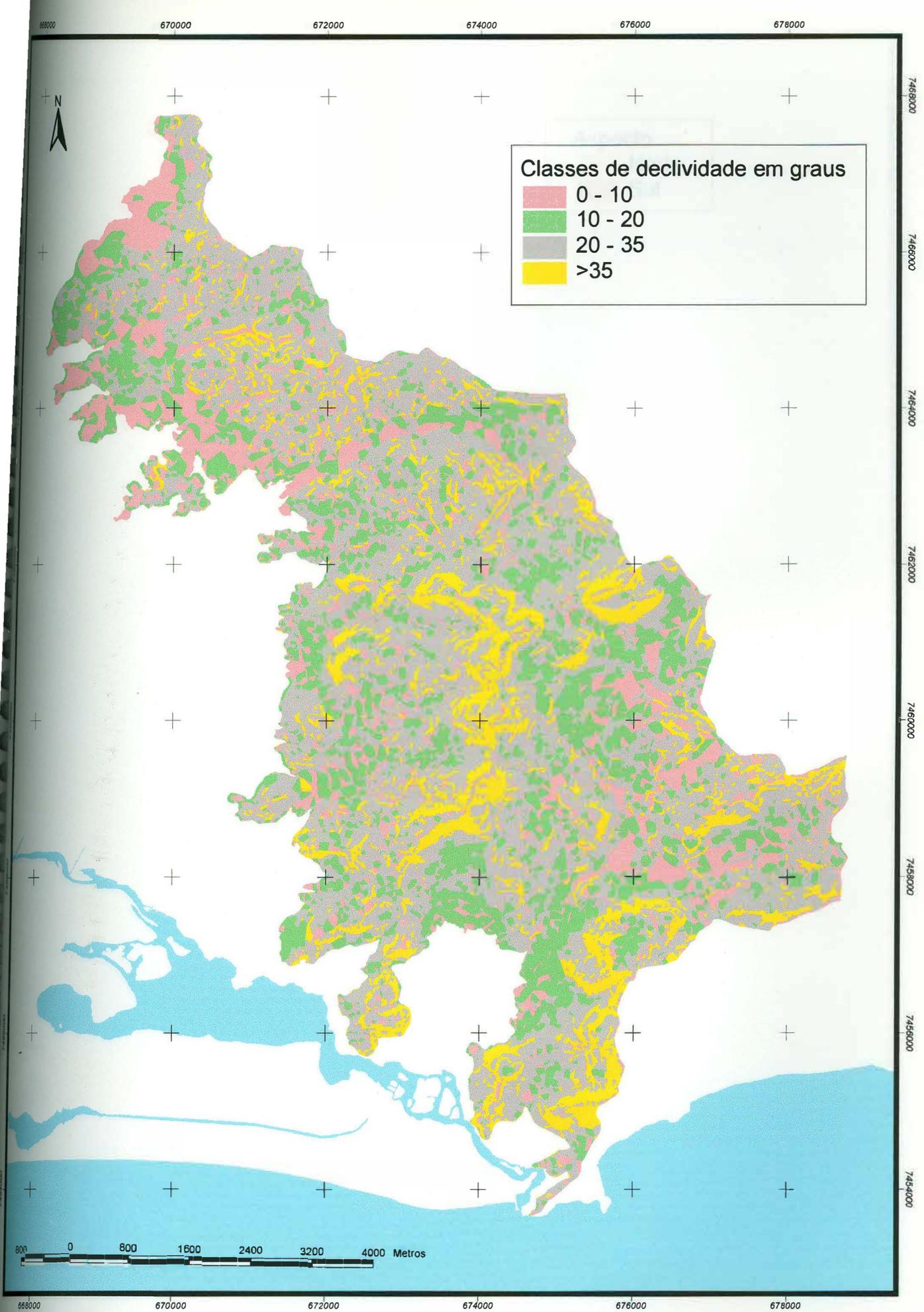
Unidades Geológicas

- BIOTITA_GNAISSE
- GABRO
- GN_FACOIDAL
- GRANITO_FAVELA

Mapa de Geologia
 Maciço da Tijuca
 Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEO/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000





Mapa de Declividade

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



Aspecto

	Norte
	Sul

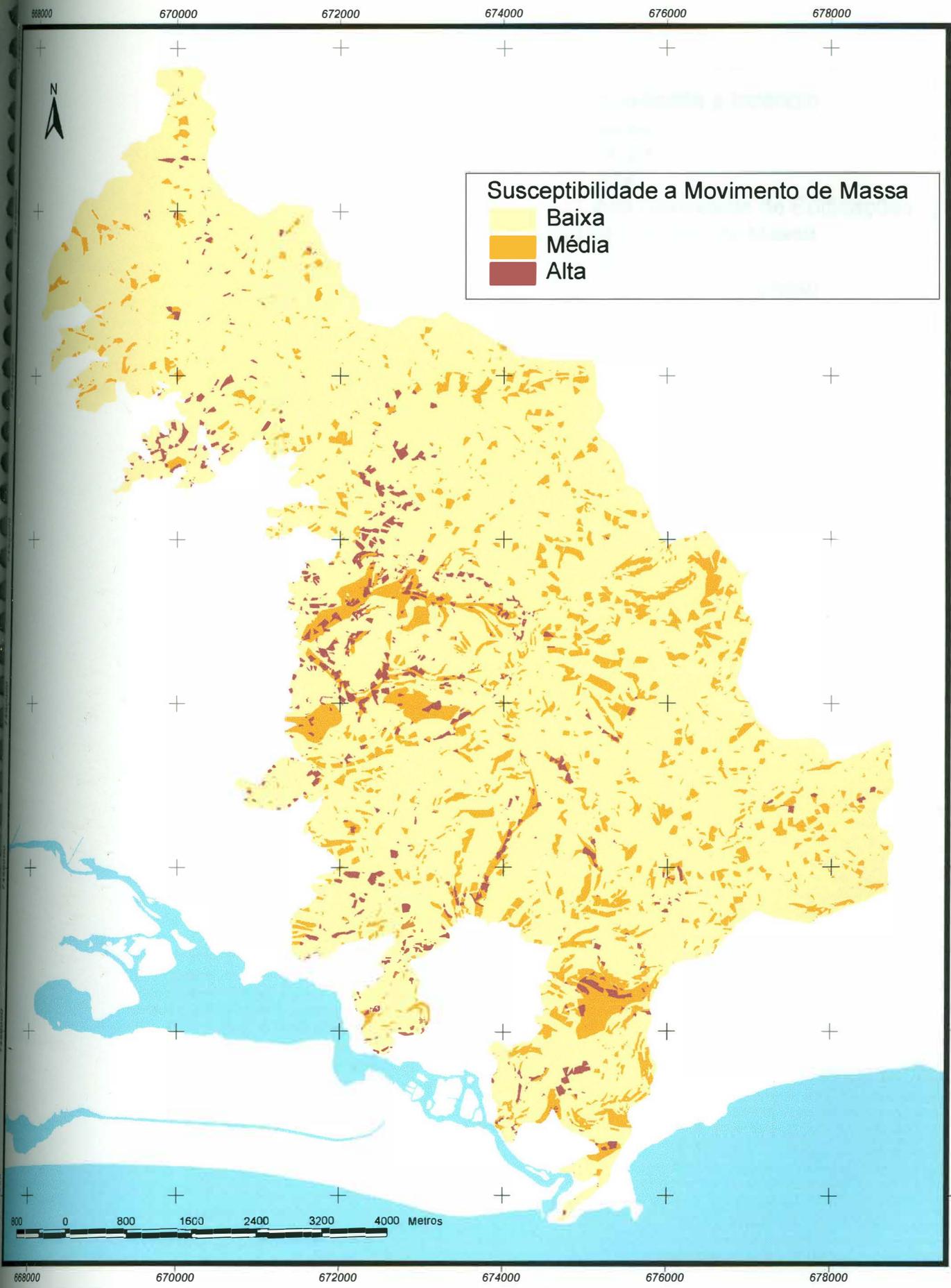


800 0 800 1600 2400 3200 4000 Metros

Mapa de Aspecto

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



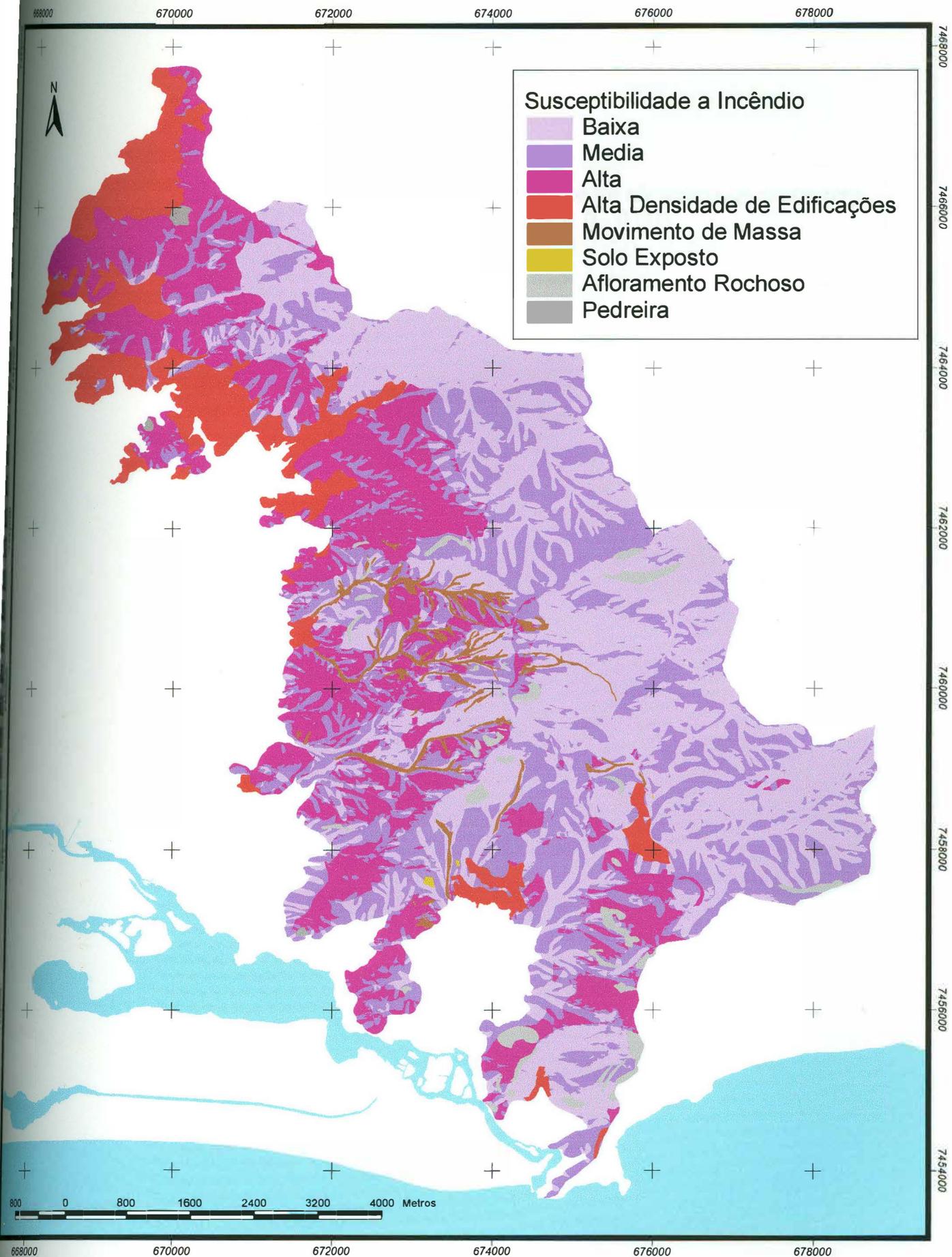
Susceptibilidade a Movimento de Massa

- Baixa
- Média
- Alta

Mapa de Susceptibilidade a Movimentos de Massa

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

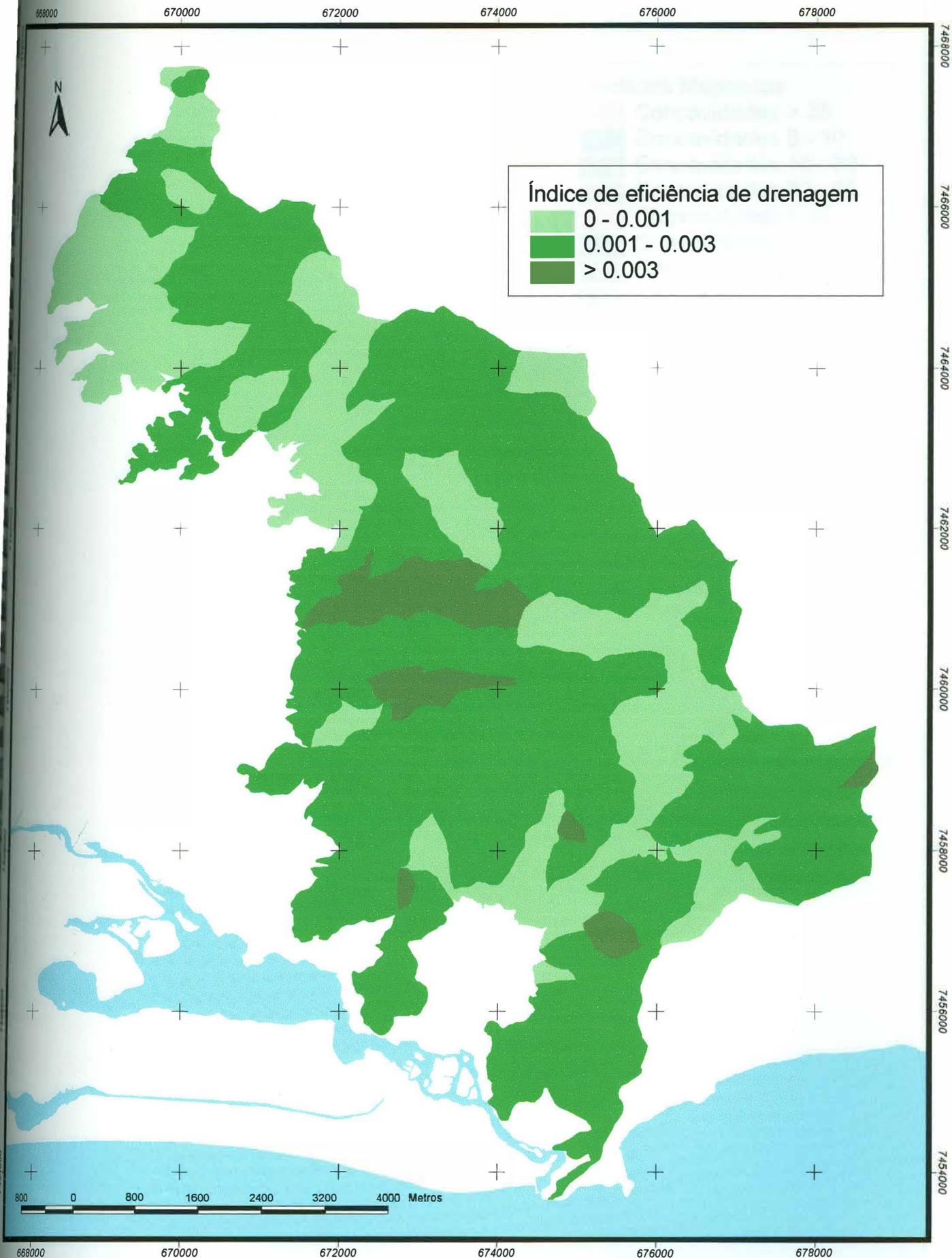


- Susceptibilidade a Incêndio**
- Baixa
 - Media
 - Alta
 - Alta Densidade de Edificações
 - Movimento de Massa
 - Solo Exposto
 - Afloramento Rochoso
 - Pedreira

Mapa de Susceptibilidade a Ocorrência de Incêndios

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



Índice de eficiência de drenagem

- 0 - 0.001
- 0.001 - 0.003
- > 0.003

Mapa Hidro-geomorfológico

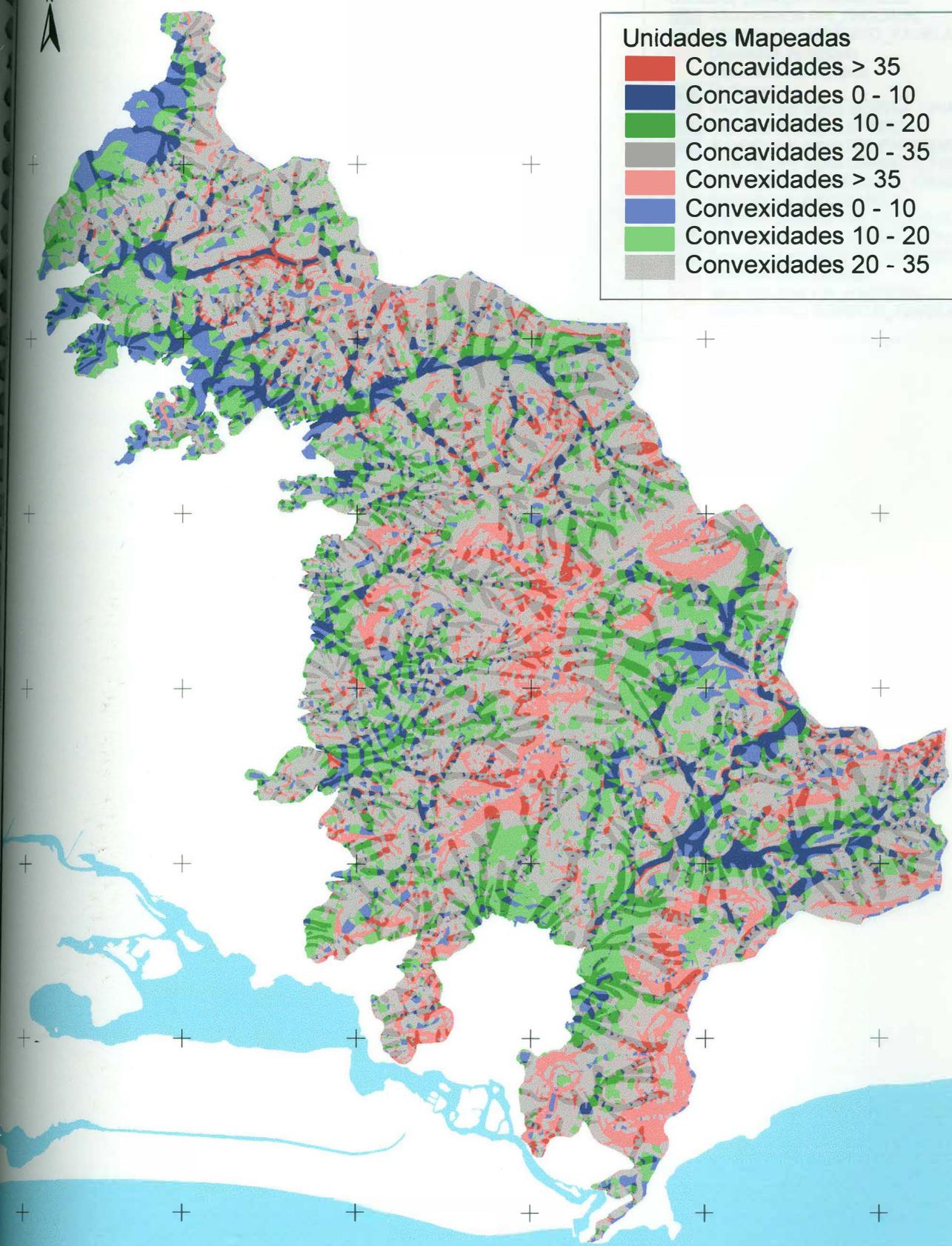
Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



Unidades Mapeadas

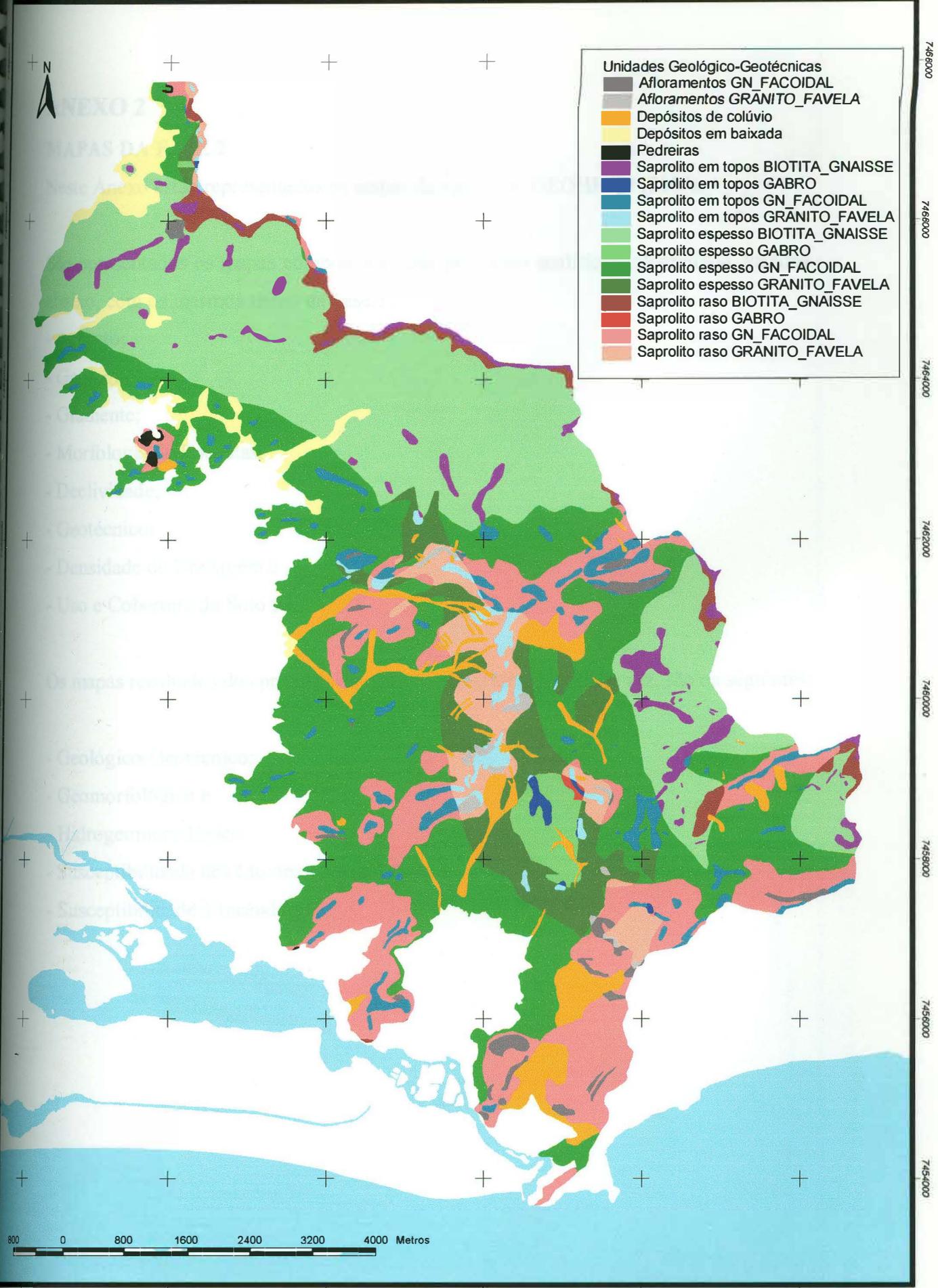
- Concavidades > 35
- Concavidades 0 - 10
- Concavidades 10 - 20
- Concavidades 20 - 35
- Convexidades > 35
- Convexidades 0 - 10
- Convexidades 10 - 20
- Convexidades 20 - 35



Mapa Geomorfológico

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEQ/FRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



800 0 800 1600 2400 3200 4000 Metros

Mapa Geológico-Geotécnico

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico de Jacarepaguá

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/GEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Intervenção: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

ANEXO 2

MAPAS DA FASE 2

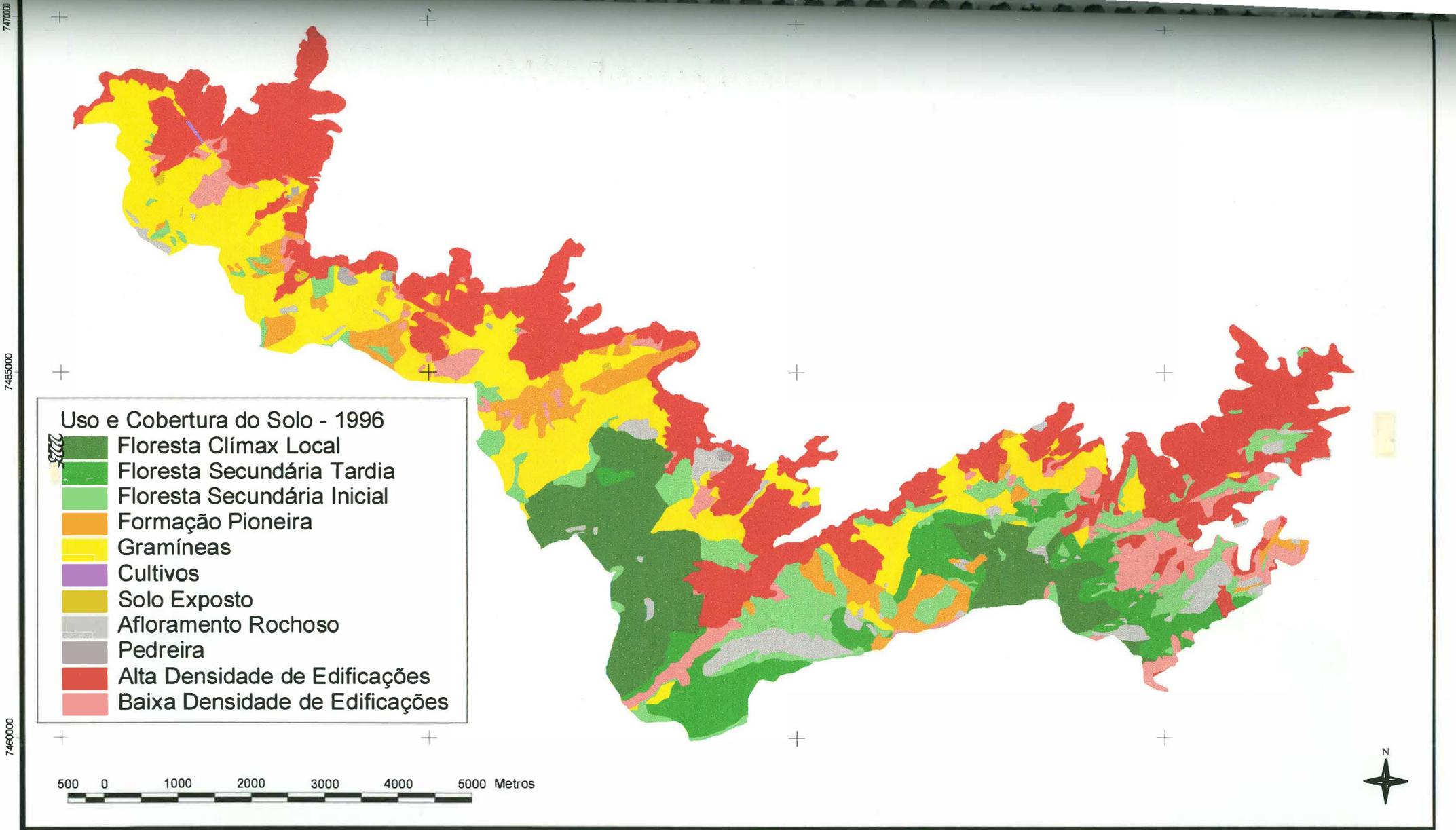
Neste Anexo estão representados os mapas da Fase 2 do GEOHECO (2000).

São apresentados os mapas componentes dos processos analíticos-integrativos, listados abaixo, com os mesmos temas da Fase 1:

- Aspecto;
- Geologia;
- Gradiente;
- Morfologia de Encostas;
- Declividade;
- Geotécnico;
- Densidade de Drenagem e
- Uso e Cobertura do Solo 96.

Os mapas resultados dos processos analíticos-integrativos, por sua vez, são os seguintes:

- Geológico-Geotécnico;
- Geomorfológico e
- Hidrogeomorfológico.
- Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e
- Susceptibilidade à Incêndios.



- Uso e Cobertura do Solo - 1996**
- Floresta Clímax Local
 - Floresta Secundária Tardia
 - Floresta Secundária Inicial
 - Formação Pioneira
 - Gramíneas
 - Cultivos
 - Solo Exposto
 - Afloramento Rochoso
 - Pedreira
 - Alta Densidade de Edificações
 - Baixa Densidade de Edificações

500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros



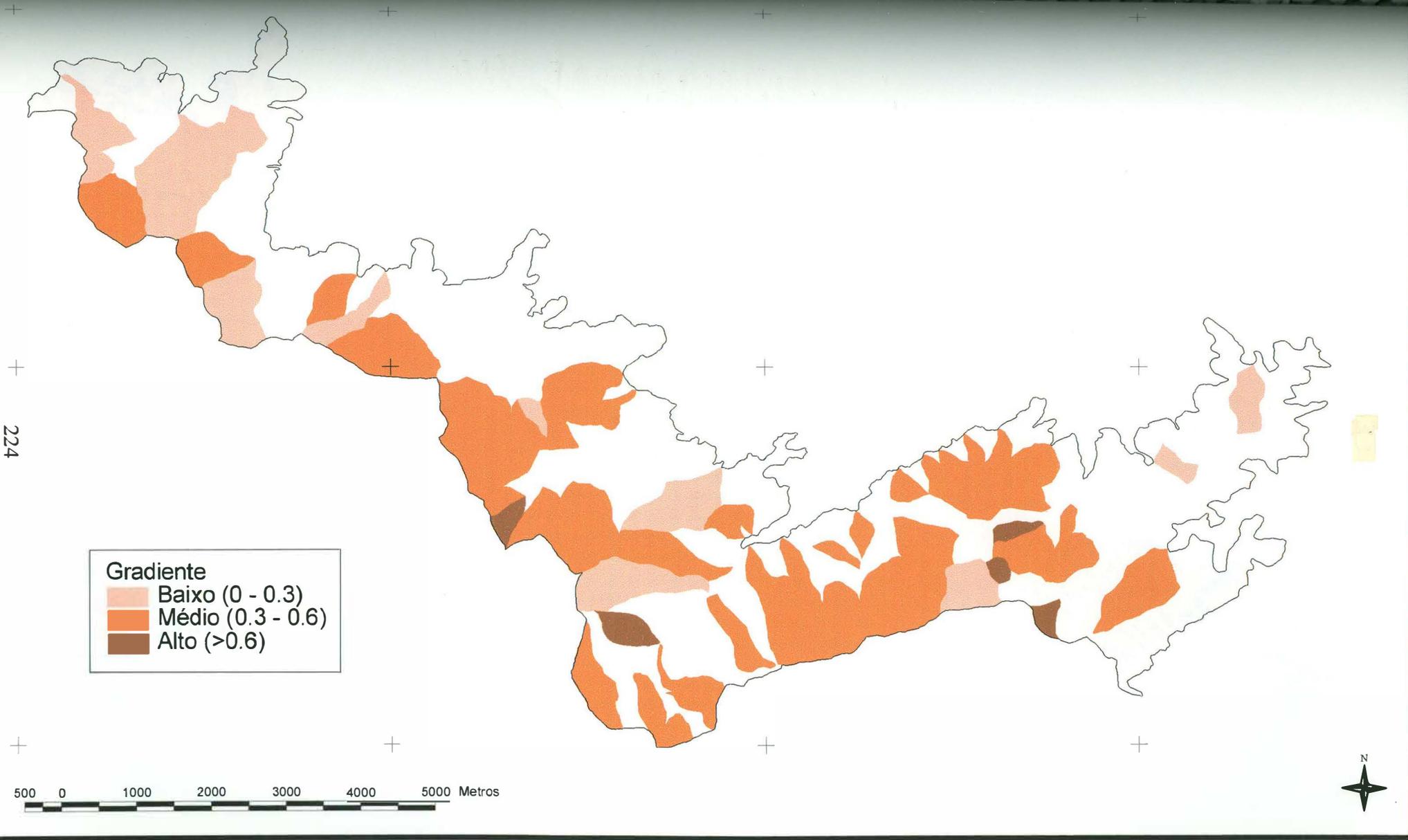
670000 675000 680000 685000

Mapa de Uso e Cobertura do Solo - 1996

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca
 Executor: Laboratório de Geoecologia (GEOHECO)/DEGEOG/GEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

747000
7465000
224
7460000



Gradiente

- Baixo (0 - 0.3)
- Médio (0.3 - 0.6)
- Alto (>0.6)

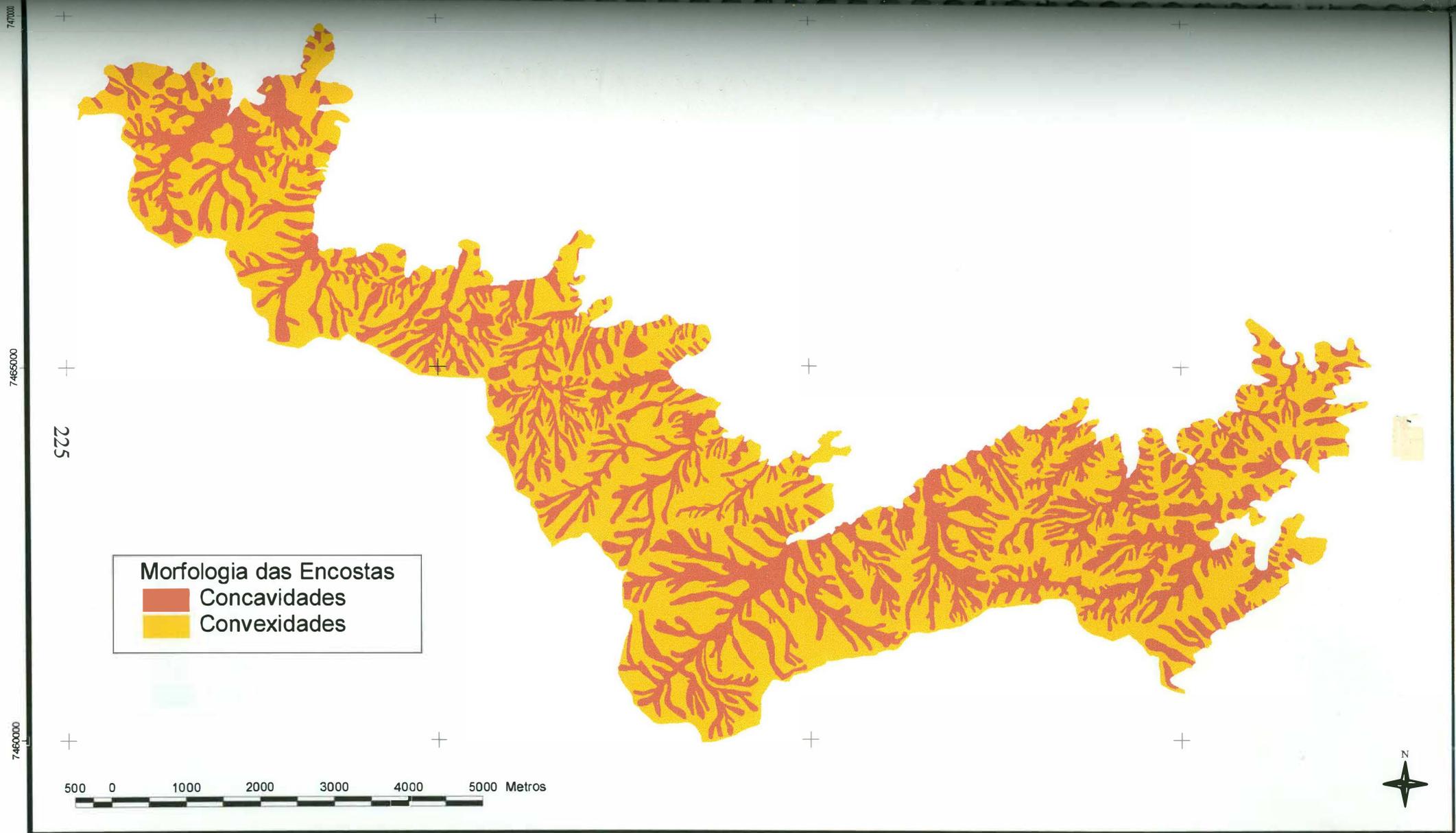
500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros

670000 675000 680000 685000

Mapa de Gradiente

Maçço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maçço da Tijuca.
Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
Interveniência: Fundação COPPETEC
Data: Janeiro de 2000



Morfologia das Encostas
Concavidades
Convexidades

500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros

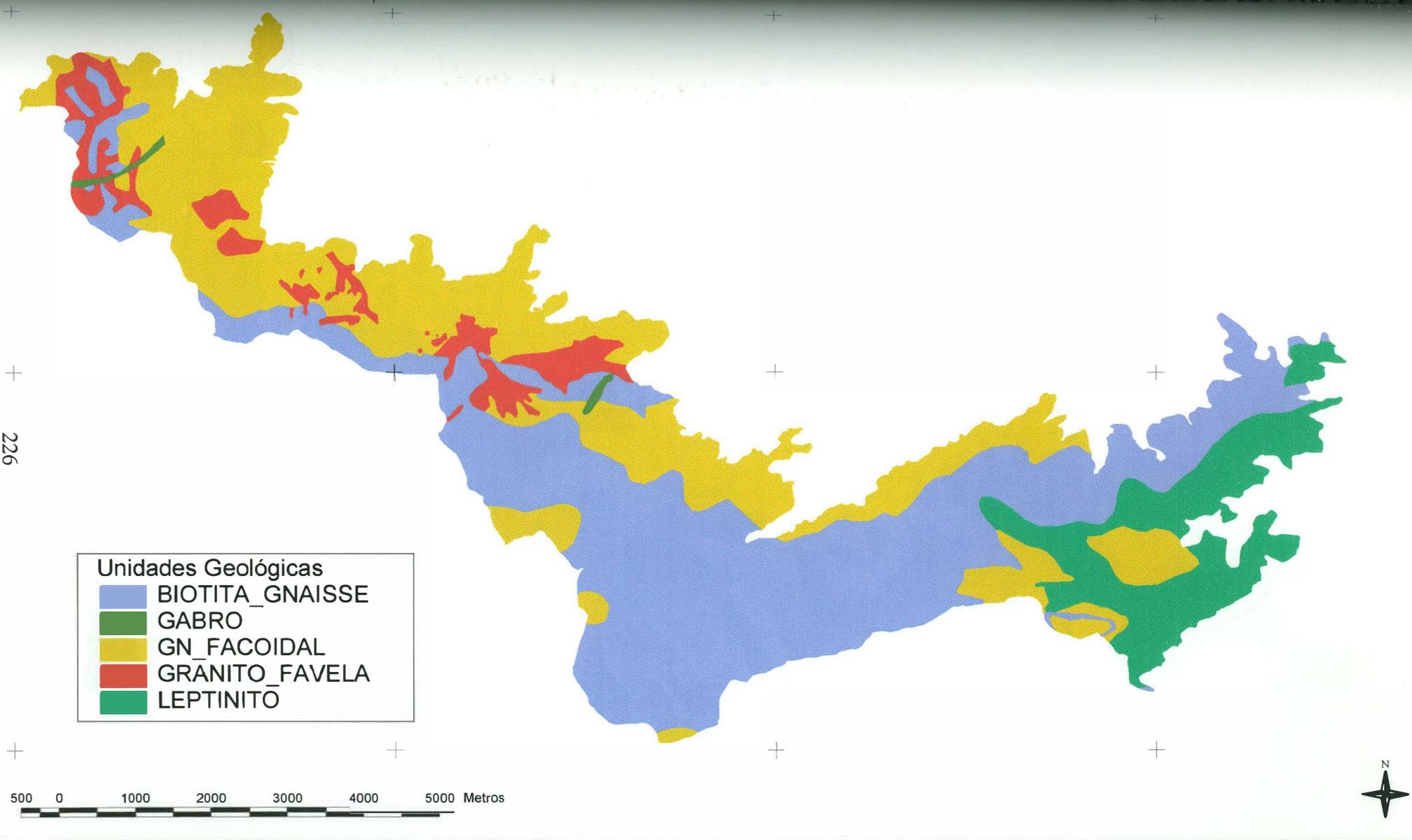
670000 675000 680000 685000

Mapa de Morfologia das Encostas

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca
Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
Intervenção: Fundação COPPETEC
Data: Janeiro de 2000

747000
7465000
226
7460000



Unidades Geológicas

- BIOTITA_GNAISSE
- GABRO
- GN_FACOIDAL
- GRÂNITO_FAVELA
- LEPTINITO

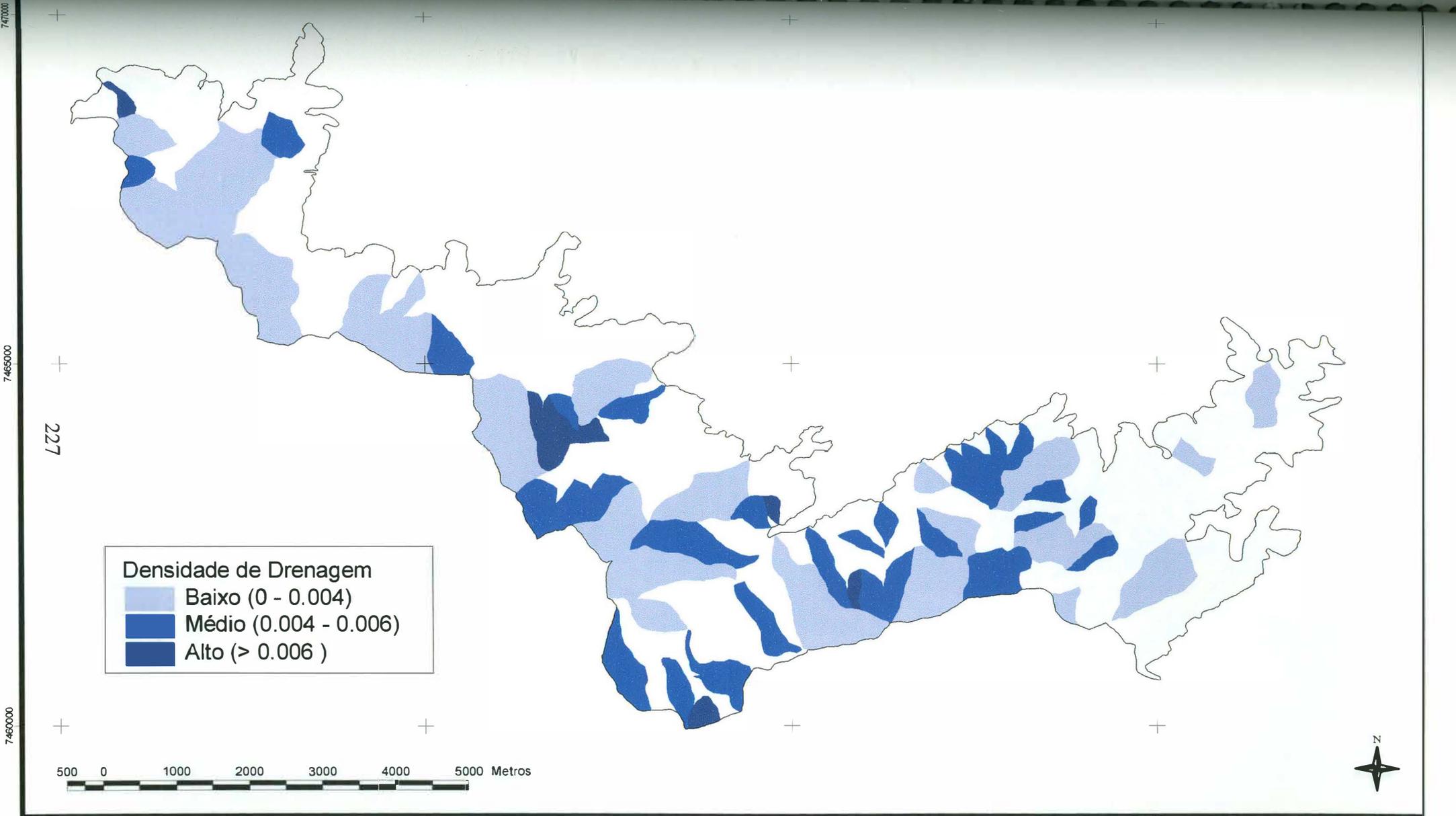
500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros

670000 675000 680000 685000

Mapa de Geologia

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca.
Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEO/IGEO/UFRJ
Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
Interveniência: Fundação COPPETEC
Data: Janeiro de 2000



Densidade de Drenagem

- Baixo (0 - 0.004)
- Médio (0.004 - 0.006)
- Alto (> 0.006)

500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros

Mapa de Densidade de Drenagem

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca.
Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
Interviência: Fundação COPPETEC
Data: Janeiro de 2000

747000

7465000

228

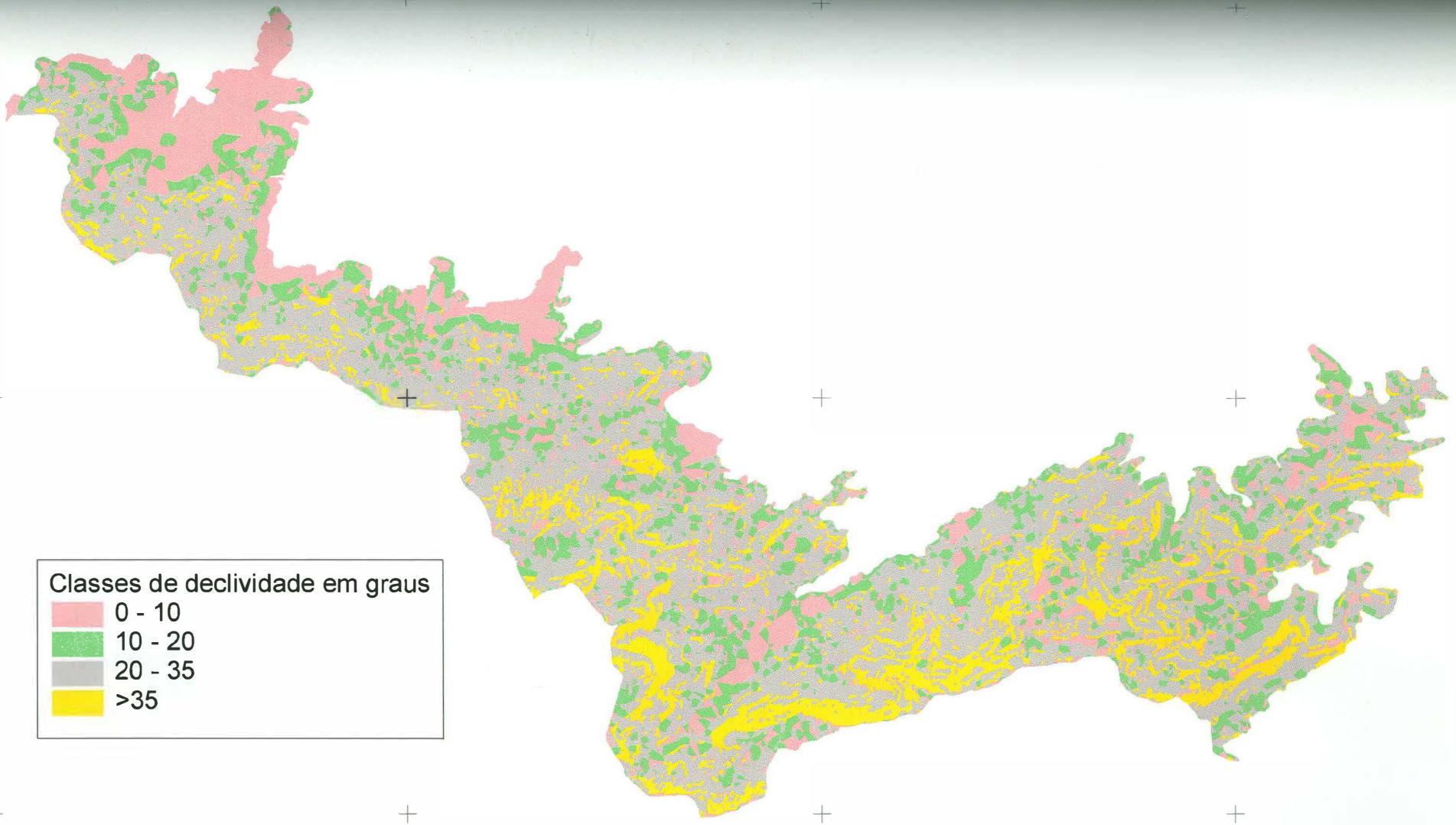
7460000

670000

675000

680000

685000



Classes de declividade em graus

	0 - 10
	10 - 20
	20 - 35
	>35



Mapa de Declividade

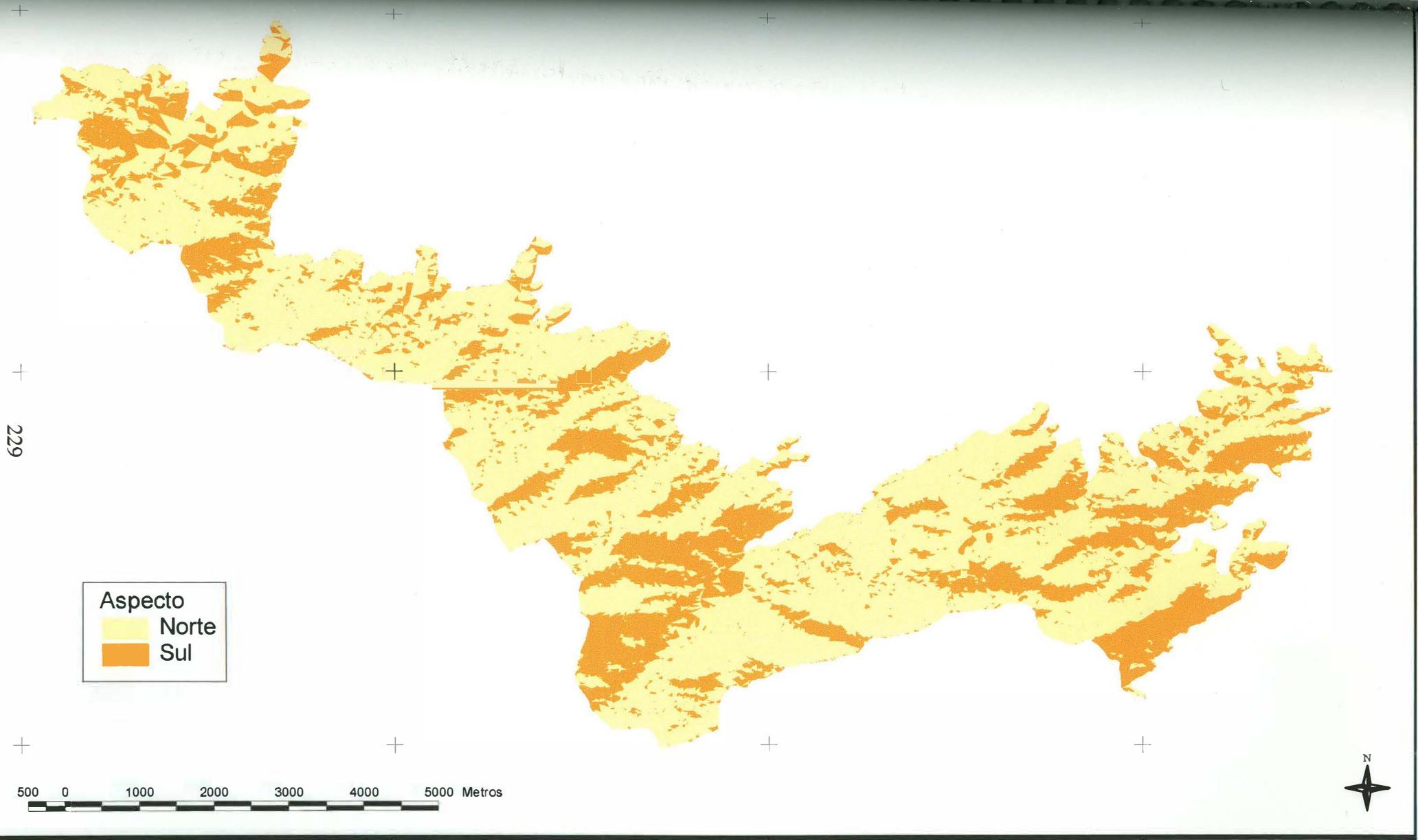
Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

747000

7465000

7460000



Aspecto
 [Yellow Box] Norte
 [Orange Box] Sul

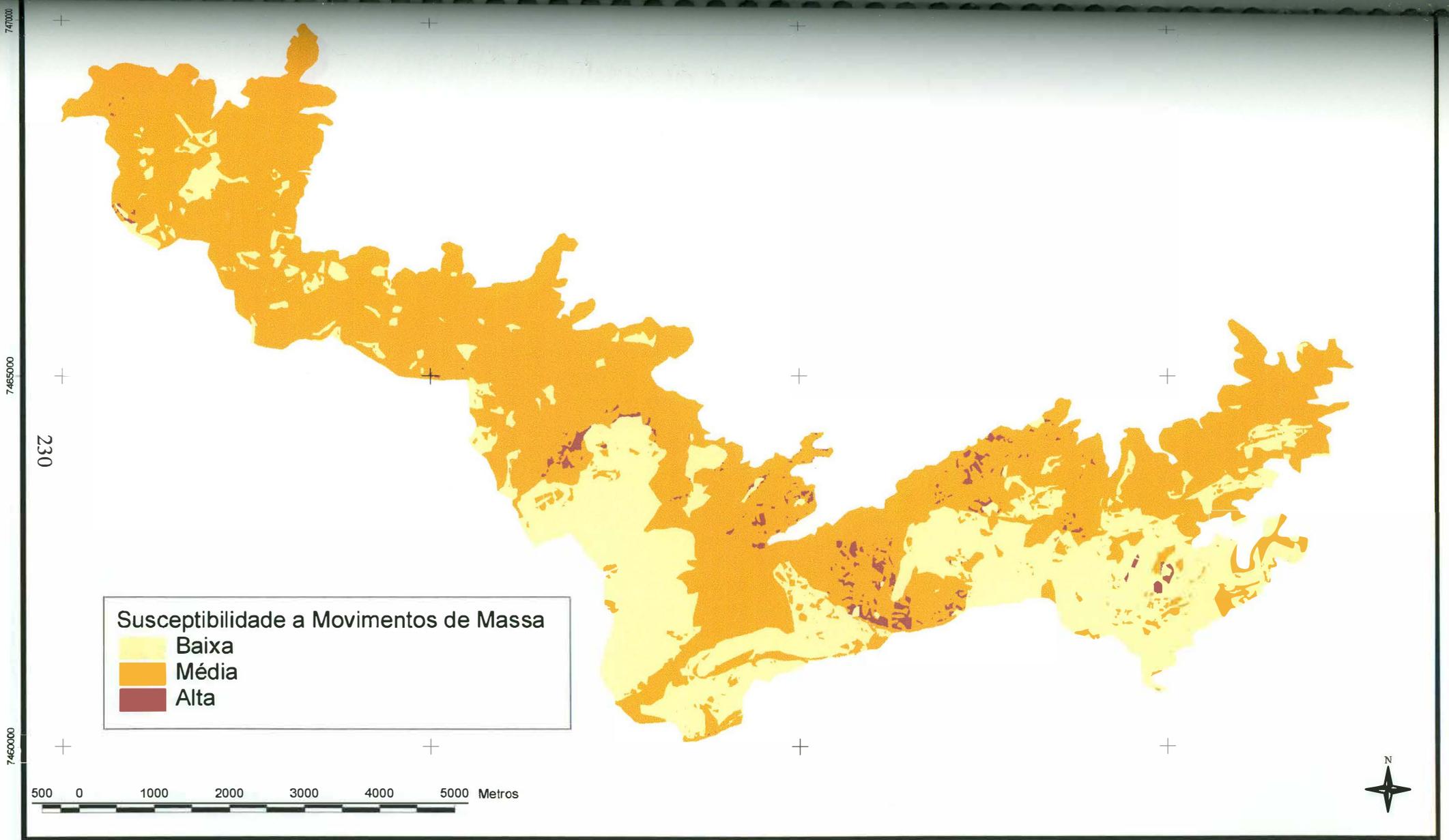
500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros



670000 675000 680000 685000

Mapa de Aspecto
 Maciço da Tijuca
 Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Intervenção: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



Susceptibilidade a Movimentos de Massa

- Baixa
- Média
- Alta

500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros

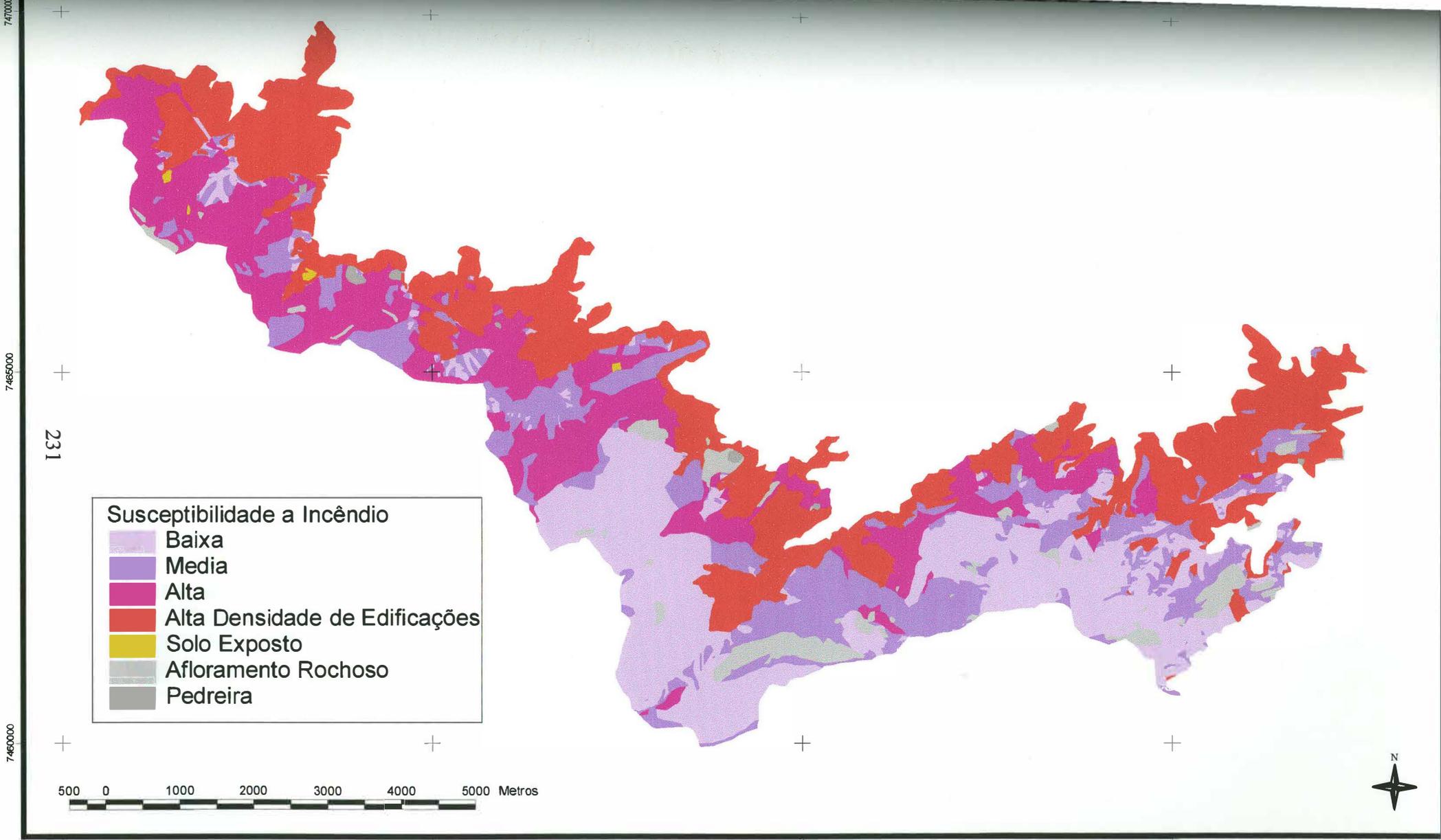


670000 675000 680000 685000

Mapa de Susceptibilidade a Movimentos de Massa

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca.
Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
Intervenção: Fundação COPPETEC
Data: Janeiro de 2000



- Susceptibilidade a Incêndio**
- Baixa
 - Media
 - Alta
 - Alta Densidade de Edificações
 - Solo Exposto
 - Afloramento Rochoso
 - Pedreira

500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros

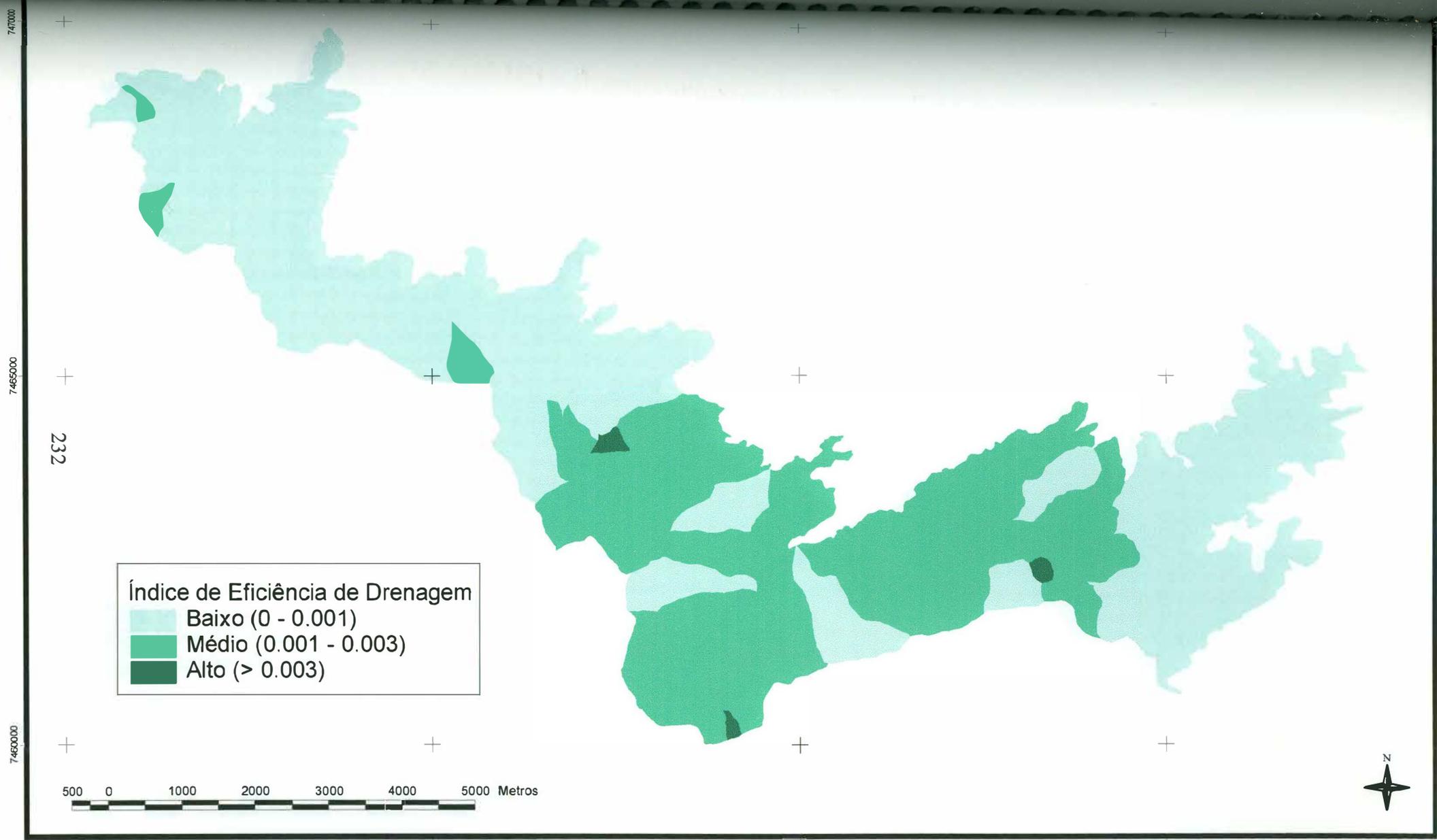


670000 675000 680000 685000

Mapa de Susceptibilidade a Ocorrência de Incêndios

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/GEOURFJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000



Mapa Hidro-geomorfológico

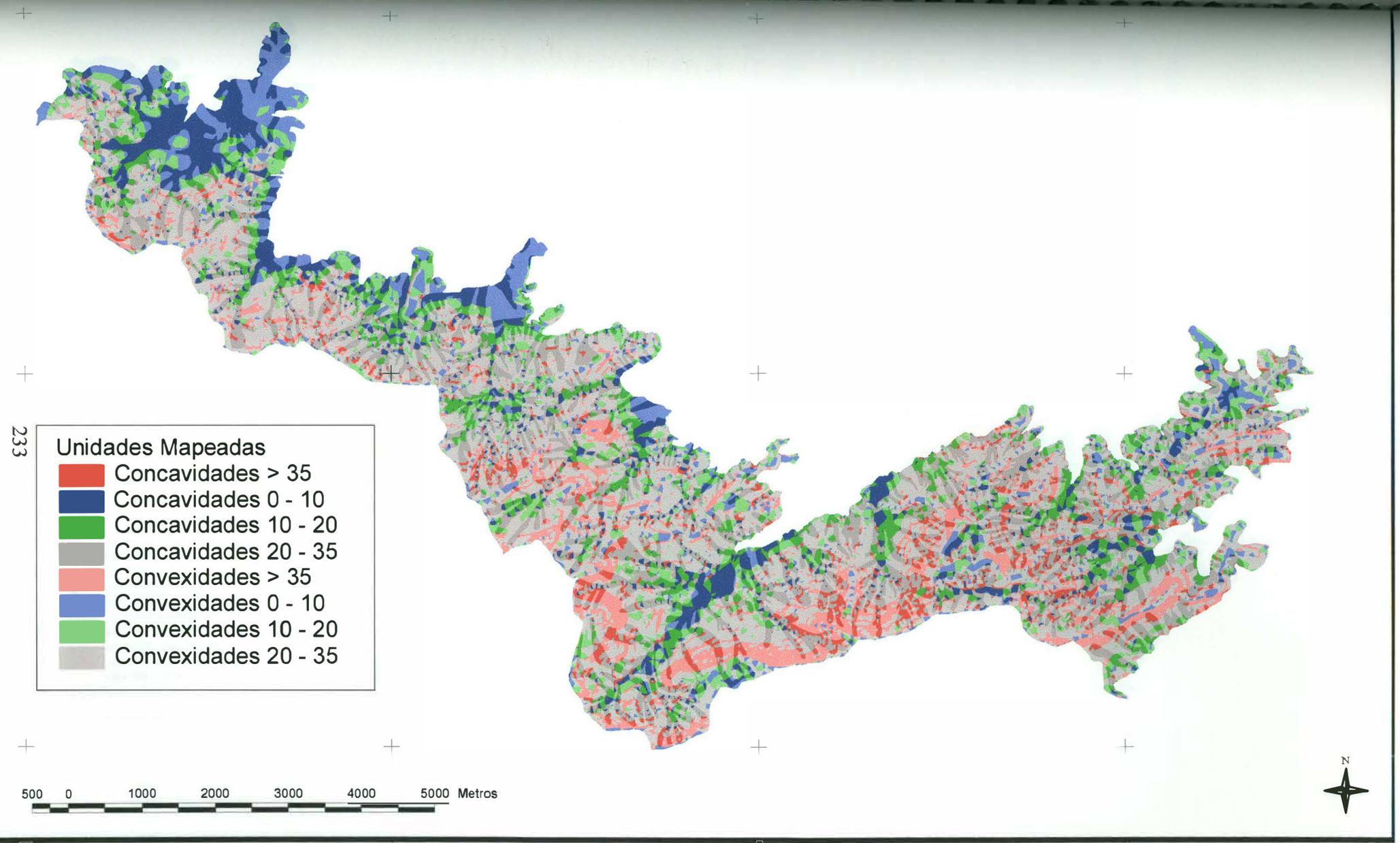
Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
Projeto: Qualidade Ambiental do Geossistema do Maciço da Tijuca.
Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
Intervenção: Fundação COPPETEC
Data: Janeiro de 2000

747000

7465000

7460000



Unidades Mapeadas

- Concavidades > 35
- Concavidades 0 - 10
- Concavidades 10 - 20
- Concavidades 20 - 35
- Convexidades > 35
- Convexidades 0 - 10
- Convexidades 10 - 20
- Convexidades 20 - 35

500 0 1000 2000 3000 4000 5000 Metros

670000 675000 680000 685000

Mapa Geomorfológico

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

747000

7465000

7460000

234

670000

675000

680000

685000

- Unidades Geológico-Geotécnicas**
- Afloramentos GN_FACOIDAL
 - Afloramentos BIOTITA_GNAISSE
 - Afloramentos LEPTINITO
 - Depósitos de colúvio
 - Depósitos em baixada
 - Pedreiras
 - Saprolito em topos BIOTITA_GNAISSE
 - Saprolito em topos GABRO
 - Saprolito em topos GN_FACOIDAL
 - Saprolito em topos GRÂNITO_FAVELA
 - Saprolito em topos LEPTINITO
 - Saprolito espesso BIOTITA_GNAISSE
 - Saprolito espesso GABRO
 - Saprolito espesso GN_FACOIDAL
 - Saprolito espesso GRÂNITO_FAVELA
 - Saprolito espesso LEPTINITO
 - Saprolito raso BIOTITA_GNAISSE
 - Saprolito raso GABRO
 - Saprolito raso GN_FACOIDAL
 - Saprolito raso GRÂNITO_FAVELA
 - Saprolito raso LEPTINITO



Mapa Geológico-Geotécnico

Maciço da Tijuca
Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara

Créditos
 Projeto: Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca.
 Executor: Laboratório de Geohidroecologia (GEOHECO)/DEGEOG/IGEO/UFRJ
 Contratante: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Prefeitura do Rio de Janeiro
 Interveniência: Fundação COPPETEC
 Data: Janeiro de 2000

ANEXO 3

DOCUMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE VARREDURA

Neste Anexo estão apresentados os algoritmos do programa de varredura elaborado no trabalho, destinado à leitura dos mapas componentes e resultados de um processo analítico, para a montagem das matrizes de contribuição de área e matrizes de área.

Os programas fonte encontram-se à disposição no Laboratório de Cartografia, GeoCart, do Departamento de Geografia da UFRJ.

A3.1 DESCRIÇÃO DO ALGORITMO

Este algoritmo trata os mapas de acordo com as especificações do respectivo arquivo de configuração e imagem. Varre a imagem do mapa resultado simultaneamente com as imagens dos mapas componentes, pixel a pixel e monta a matriz de contribuição de área $D_{n,m}$, sendo n o número de classes do mapa final e m o número de classes distintas nos mapas componentes pesquisados. Por fim salva a matriz D num formato próprio para que seja lida pelo programa de cálculo de propagação de classes e correlação de mapas.

A montagem da matriz de área é desenvolvida em um processo a parte.

A3.2 ALGORITMO DESENVOLVIDO

```
LER(mapaF.imagem) // mapa resultante (final)
LER(mapaF.arquivo) // arquivo de configuração
LER(n_mapas) // número de mapas componentes
PARA i DE 1 ATÉ n_mapas FAÇA
    LER(mapa[i].imagem)
    LER(mapa[i].arquivo) // arquivo de configuração
FIM_PARA(i)
PARA j DE 1 ATÉ n_linhas FAÇA
    PARA i DE 1 ATÉ n_colunas FAÇA
        linha ← mapaF.classe[i,j] // linha recebe o valor
        da classe no mapa final
    PARA k DE 1 ATÉ n_mapas FAÇA
        coluna ← mapa[k].classe[i,j]
        D[coluna,linha] ← D[coluna,linha]+1
    FIM_PARA(k)
```

```
FIM_PARA(i)
FIM_PARA(j)
PARA i DE 1 ATÉ n_classesComp FAÇA
  PARA j DE 1 ATÉ n_classesFinal FAÇA
    ESCREVA(D[i,j])
  FIM_PARA(j)
FIM_PARA(i)
SALVAR(arquivod)
```

Esquema: a figura A3.1 mostra como é conjugado o processo analítico para a geração de um mapa resposta.

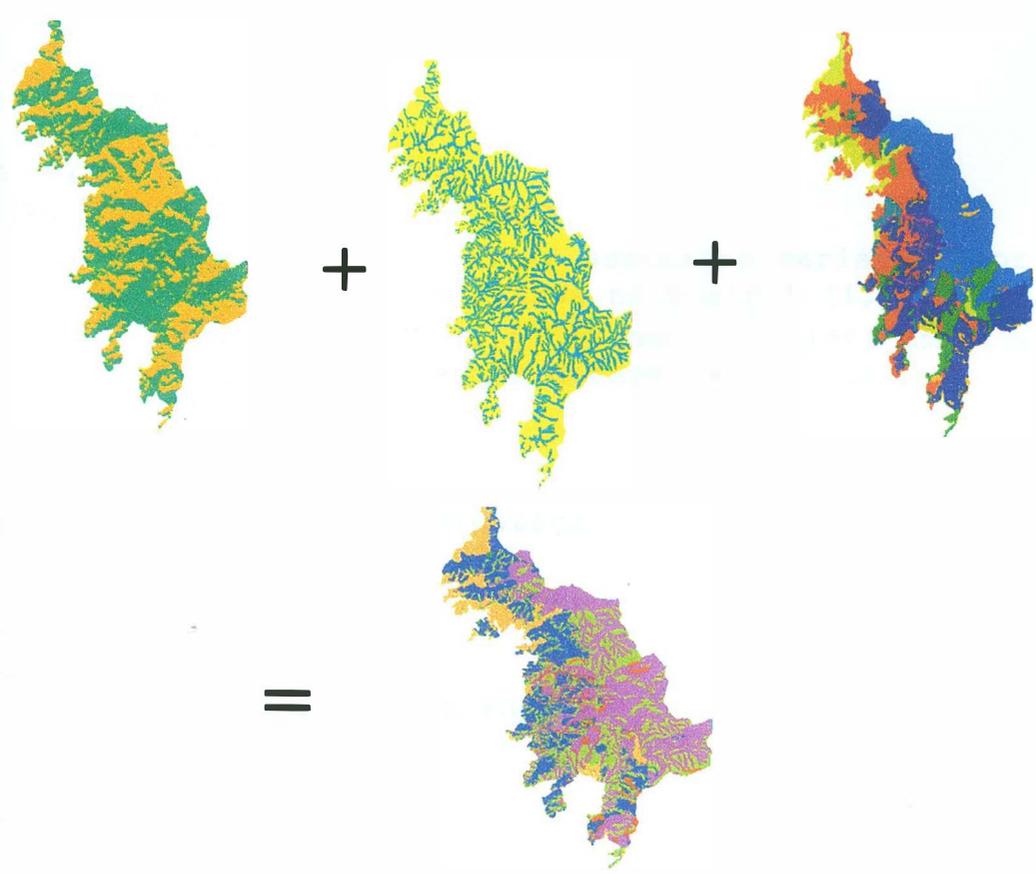


Figura A3.1 – Esquema de contribuição de área em um processo analítico

A3.3 ALGORITMO PARA GERAR UM ARQUIVO BITMAP (.BMP) A PARTIR DE UM ARQUIVO ASCII GERADO PELO ARCVIEW (.ASC)

```
// leitura dos dados de entrada
LER(mapa) // caminho do arquivo .ASC
LER(n_classes) // número de classes desse mapa
PARA i DE 1 ATÉ n_classes FAÇA
    ESCREVA('Entre com o valor numérico da Classe (Value)')
    LER(value[i])
    ESCREVA('Entre com a cor que será relacionada a essa
            classe')
    LER(cor_classe[i])
    ESCREVA('Entre com a descrição dessa classe (S_Value)')
    LER(s_value[i])
FIM_PARA(i)
LER(n_linhas)
LER(n_colunas)
// processamento dos dados
PARA j DE 1 ATÉ n_linhas FAÇA
    PARA i DE 1 ATÉ n_colunas FAÇA
        cor ← mapa.cor_classe[i] // associa à variável 'cor'
        a cor correspondente à classe na posição [i,j]
        imagem.PLOTEPIXEL[i,j] ← cor // plota um pixel
        na imagem de saída, na cor determinada acima
    FIM_PARA(i)
FIM_PARA(j)
SALVAR(imagem)
// gerar um arquivo de configuração da imagem
CRIARQUIVO(arquivo) COM
    MAPA = mapa
    COLUNA = n_colunas
    LINHA = n_linhas
    PARA i DE 1 ATÉ n_classes FAÇA
        Value[i] = s_value[i] = cor[i]
FIM_CRIARQUIVO
SALVAR(arquivo)
```

-----X-----

A3.4 DESCRIÇÃO DO ALGORITMO:

Este algoritmo é utilizado para carregar um arquivo .ASC gerado a partir do ArcView e converter o mesmo para uma imagem bitmap (.BMP). Gera também um pequeno arquivo de configuração que será lido pelo programa que monta as matrizes de varredura.

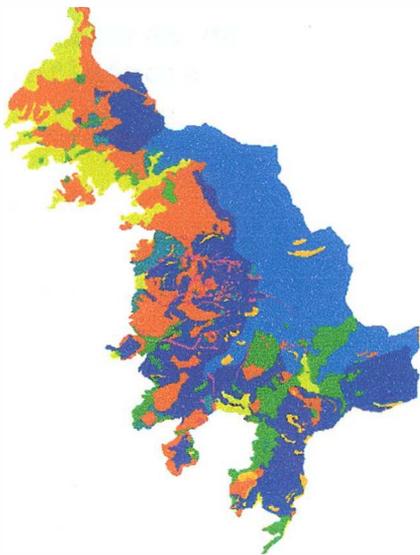
Esquema: A figura A3. 1 mostra esquematicamente a transformação de um arquivo ASCII, para um arquivo .BMP.

```

2 2 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 9 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 0 0 0 0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 0 0 2 2 2 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 0 0 0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 2 2 2 2 2 2 9 9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
2 2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 9
2 2 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 9 9

```

Extrato de
arquivo



Arquivo .BMP

Figura A3.1 – Esquema da transformação ASCII BMP

ANEXO 4

DOCUMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE CÁLCULO

A4.1 DESCRIÇÃO DO ALGORITMO:

Este algoritmo foi idealizado, juntamente com suas rotinas, para realizar os cálculos com as matrizes já construídas pelos processos anteriores.

Nele estão descritos os cálculos das seguintes matrizes:

Na propagação de es:

- Pseudo-matriz variância-covariância propagada - Σ_{Cl} ;
- Matriz de influência propagada ao mapa resultado - IC ;
- Matrizes Σ_{Cl} e IC normalizadas;
- Matriz dos coeficientes de correlação da matriz Σ_{Cl} normalizada.

Na correlação de mapas:

- Matriz de correlação entre os mapas - Σ_{Cm} ;
- Matriz Σ_{Cm} normalizada.

A4.2 ALGORÍTMO

```
// PROPAGAÇÃO DE VARIÁVEIS
LER(ArquivoD)
Ca = ← matriz.ArquivoD
ESCREVA('Entre com os valores da matriz de influência:')
LER(I) // matriz de influência
I ← INVERTEDIAG(I)
// Cálculo de  $\Sigma_{Cl}$ 
sigmaCl ← PRODUTO(Ca, I)
Ca ← TRANSPOSTA(Ca)
sigmaCl ← PRODUTO(sigmaCl, Ca)
// Cálculo de Ic
Ic ← INVERTE(sigmaCl)
// Cálculo das matrizes normalizadas
NsigmaCl ← NORMA(sigmaCl)
NIc ← NORMA(Ic)
// Cálculo da Correlação de  $\Sigma_{Cl}$ 
CsigmaCl ← CORRE(sigmaCl)
// Apresentar os resultados - PROPAGAÇÃO
ESCREVA(sigmaCl)
ESCREVA(Ic)
ESCREVA(NsigmaCl)
ESCREVA(NIc)
```

```

ESCREVA(CsigmaCl)

// CORRELAÇÃO DE MAPAS
ESCREVA('Entre com a matriz de área total:')
LER(At)
ESCREVA('Entre com os valores da matriz de influência de
todas as classes:')
LER(It) // matriz de influência
It ← INVERTEDIAG(It)
// Cálculo de  $\Sigma C_m$ 
sigmaCm ← PRODUTO(At,It)
At ← TRANSPOSTA(At)
SigmaCm ← PRODUTO(sigmaCm,At)
// Cálculo da matriz normalizada
NsigmaCm ← NORMA(sigmaCm)
// Apresentar os resultados - CORRELAÇÃO
ESCREVA(sigmaCm)
ESCREVA(nsigmaCm)

```

```

Rotina PRODUTO(A,B)
  Ma ← A.n_linhas
  Na ← A.n_colunas
  Mb ← B.n_linhas
  Nb ← B.n_colunas
  SE Na = Mb ENTÃO
    PARA i DE 1 ATÉ Ma FAÇA
      PARA k DE 1 ATÉ Nb FAÇA
        E[i,k] ← 0
        PARA j DE 1 ATÉ Na FAÇA
          E[i,k] ← E[i,k] + A[i,j]*b[j,k]
        FIM_PARA(j)
      FIM_PARA(k)
    FIM_PARA(i)
  PRODUTO ← E
  SENÃO
    PRODUTO ← 0
  FIM_SE

```

```

Rotina INVERTEDIAG(A)
  n ← A.n_colunas
  PARA i DE 1 ATÉ n FAÇA
    PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA
      SE i=j ENTÃO
        E[i,j] ← 1/A[i]

```

```

SENÃO
    E[i,j] ← 0
FIM_SE
FIM_PARA(j)
FIM_PARA(i)
INVERTEDIAG ← E[i,j]

```

Rotina NORMA(A)

```

max = 0
n ← A.n_colunas
PARA i DE 1 ATÉ n FAÇA
    PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA
        SE A[i]>max ENTÃO
            max ← A[i]
        FIM_SE
    FIM_PARA(j)
FIM_PARA(i)
PARA i DE 1 ATÉ n FAÇA
    PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA
        E[i,j] ← E[i,j]/max
    FIM_PARA(j)
FIM_PARA(i)
NORMA ← E[i,j]

```

Rotina CORRE(A)

```

n ← A.n_colunas
PARA i DE 1 ATÉ n FAÇA
    PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA
        E[i,j] ← A[i,j]/SQRT(A[i,i]*A[j,j])
        // SQRT = RAIZ QUADRADA
    FIM_PARA(j)
FIM_PARA(i)
CORRE ← E[i,j]

```

Rotina TRANSPOSTA

```

m ← A.n_linhas
n ← A.n_colunas
PARA i DE 1 ATÉ m FAÇA
    PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA
        E[i,j] ← A[i,j]
    FIM_PARA(j)
FIM_PARA(i)

```

Rotina INVERTE(A)

```

n ← A.n_colunas
PARA i DE 1 ATÉ n FAÇA
    PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA

```

```

SE i=j ENTÃO
    AI[i,j] ← 1
SENÃO
    AI[i,j] ← 0
FIM_SE
FIM_PARA(j)
FIM_PARA(i)
det ← 1 // determinante
i ← 1
ENQUANTO i<=n E det<>0 FAÇA
    PIVOT
    P ← A[i,i]
    det ← det*p
    SE p<>0 ENTÃO
        PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA
            A[i,j] ← A[i,j]/p
            AI[i,j] ← AI[i,j]/p
        FIM_PARA(j)
        PARÃ k DE 1 ATÉ n FAÇA
            SE k<>1 ENTÃO
                P ← A[k,i]
                PARA j DE 1 ATÉ n FAÇA
                    A[k,j] ← A[k,j]-p*A[i,j]
                    AI[k,j] ← AI[k,j]-p*AI[i,j]
                FIM_PARA(j)
            FIM_SE
        FIM_PARA(k)
    i ← i + 1
FIM_SE
FIM_ENQUANTO
SE det<>0 ENTÃO
    INVERTE ← AI[i,j]
SENÃO
    INVERTE ← 0
FIM_SE

```

Rotina PIVOT

```

c ← A[i,i]
l ← i
PARA k DE i+1 ATÉ n FAÇA
    SE |c|<|A[k,i]| ENTÃO
        c ← A[k,i]
        l ← k
    FIM_SE
FIM_PARA(k)

```

-----X-----

ANEXO 5

RESULTADOS DA FASE 1

Os resultados da Fase 1 serão apresentados com a seguinte estrutura:

- Dados de entrada e resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Susceptibilidade aos Movimentos de Massa;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Susceptibilidade à Incêndios;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Hidrogeomorfologia;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Geomorfologia;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico Geológico-Geotécnico;
- Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios;
- Correlação e Relevância entre os Mapas de Hidrogeomorfologia, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico;
- Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, Susceptibilidade à Incêndios, Hidrogeomorfologia, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico.

1 Susceptibilidade aos Movimentos de Massa

1.1 Dados de Entrada

Matriz de Contribuição de Área

Matriz 3x35. Cada linha corresponde à uma das variáveis do Mapa de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e cada coluna à contribuição da área de cada variável dos mapas componentes. Os mapas estão mostrados na linha superior, enquanto as variáveis estão indicadas em cada coluna da segunda linha, através das suas iniciais e do número correspondente como variável no processo.

	USO 96							
	AR 1	ADE 2	BDE 3	C 4	FCL 5	FSI 6	FST 7	FP 8
linha 1	24	1472	932	79	255	1460	1458	1223
linha 2	5670	4763	8734	542	16162	11105	6855	2260
linha 3	3832	45970	37670	3830	130222	63151	68349	11308

USO 96				Formas		Gradiente		
G 9	MM 10	P 11	SE 12	Cv 13	Cc 14	A 15	M 16	B 17
6602	793	6	0	3649	10655	9778	2219	2307
9362	2192	153	6	24747	41219	37338	20838	7790
98634	7212	639	156	325740	147071	247250	211984	13570

Geotécnico							Geologia	
A 18	DC 19	DB 20	P 21	ST 22	SE 23	SR 24	BG 25	G 26
10	423	290	150	637	6975	2219	1396	226
3489	10463	901	0	4039	38696	8378	12591	1223
5600	10556	12295	433	34047	319113	90765	173230	8253

Geologia		Densidade Drenagem			Declividade			
GF 27	GFv 28	M 29	A 30	B 31	35 32	0 33	10 34	20 35
10925	1757	7699	2137	4468	2766	291	10621	626
42758	9394	26415	5686	33865	13996	3248	36678	12044
238776	52552	201762	13845	257197	60173	78612	79854	254172

Matriz de Influência

Matriz diagonal com dimensões 35x35. Abaixo está representada apenas a diagonal principal da matriz de influência atribuída.

{ 0 0 10 10 0 30 0 30 60 0 0 0 70 30 50 30 10 0 30 0 0 10 25 25
15 15 15 15 15 30 5 45 5 15 20 }

1.2 Resultados

a) PMVC

Influência matriz unitária		
0.001	0.004	0.024
0.004	0.018	0.121
0.024	0.121	1.000

influência atribuída		
0.0002	0.0009	0.0087
0.0009	0.015	0.119
0.0087	0.119	1.000

b) Matriz de Relevância ou Influência Propagada

Influência matriz unitária		
1	-0.308	0.013
-0.308	0.119	-0.007
0.013	-0.007	0.001

influência atribuída		
1	0.078	-0.018
0.078	0.144	-0.018
-0.018	-0.018	0.002

c) Matriz de Correlação

Influência matriz unitária		
1.000	0.937	0.753
0.937	1.000	0.892
0.753	0.892	1.000

influência atribuída		
1.000	0.541	0.601
0.541	1.000	0.968
0.601	0.968	1.000

2 Mapa de Susceptibilidade à Incêndios

2.1 Resultados

a) PMVC com influência unitária

3.457E-3	2.471E-2	9.018E-3	2.820E-2	3.055E-2	1.256E-3	1.380E-4	2.918E-5
2.471E-2	4.859E-1	1.146E-1	3.259E-1	4.421E-1	1.553E-2	1.918E-3	3.083E-4
9.018E-3	1.146E-1	9.175E-2	1.663E-1	1.459E-1	8.184E-3	7.026E-4	1.472E-4
2.820E-2	3.259E-1	1.663E-1	1.000E+0	5.634E-1	3.703E-2	2.098E-3	6.522E-4
3.055E-2	4.421E-1	1.459E-1	5.634E-1	5.664E-1	2.171E-2	2.318E-3	4.328E-4
1.256E-3	1.553E-2	8.184E-3	3.703E-2	2.171E-2	3.648E-3	1.137E-4	2.738E-5
1.380E-4	1.918E-3	7.026E-4	2.098E-3	2.318E-3	1.137E-4	2.244E-5	1.684E-6
2.918E-5	3.083E-4	1.472E-4	6.522E-4	4.328E-4	2.738E-5	1.684E-6	1.092E-6

b) PMVC com influência atribuída

6.641E-3	1.804E-9	7.219E-10	2.577E-9	2.309E-9	1.173E-10	1.038E-11	2.522E-12
1.804E-9	3.596E-8	8.919E-9	2.927E-8	3.373E-8	1.412E-9	1.432E-10	2.548E-11
7.219E-10	8.919E-9	2.007E-1	1.733E-8	1.197E-8	8.821E-10	5.924E-11	1.407E-11
2.577E-9	2.927E-8	1.733E-8	1.000E+0	4.032E-1	4.439E-9	2.089E-10	6.923E-11
2.309E-9	3.373E-8	1.197E-8	4.032E-1	1.662E-1	2.118E-9	1.799E-10	3.803E-11
1.173E-10	1.412E-9	8.821E-10	4.439E-9	2.118E-9	7.469E-3	1.165E-11	3.058E-12
1.038E-11	1.432E-10	5.924E-11	2.089E-10	1.799E-10	1.165E-11	4.603E-5	1.510E-13
2.522E-12	2.548E-11	1.407E-11	6.923E-11	3.803E-11	3.058E-12	1.510E-13	1.883E-6

d) Matriz de Relevância ou Influência Propagada com Influência Unitária

3.591E-4	6.960E-7	-5.849E-6	4.408E-6	-1.855E-5	-1.352E-5	-2.436E-4	-3.566E-3
6.960E-7	5.676E-6	-3.587E-7	1.799E-6	-5.754E-6	-5.845E-6	-6.716E-6	-2.103E-4
-5.849E-6	-3.587E-7	1.224E-5	-3.081E-7	-1.351E-6	-7.470E-6	-8.368E-5	-3.571E-4
4.408E-6	1.799E-6	-3.081E-7	2.577E-6	-3.456E-6	-1.141E-5	4.268E-5	-5.331E-4
-1.855E-5	-5.754E-6	-1.351E-6	-3.456E-6	1.057E-5	1.045E-5	-1.888E-4	2.082E-4
-1.352E-5	-5.845E-6	-7.470E-6	-1.141E-5	1.045E-5	2.909E-4	-6.219E-4	-6.463E-4
-2.436E-4	-6.716E-6	-8.368E-5	4.268E-5	-1.888E-4	-6.219E-4	4.990E-2	7.631E-3
-3.566E-3	-2.103E-4	-3.571E-4	-5.331E-4	2.082E-4	-6.463E-4	7.631E-3	1.000E+0

e) Matriz de Relevância ou Influência Propagada com Influência Atribuída

5.414E-6	-2.717E-7	-7.398E-15	9.515E-14	-2.509E-13	-3.366E-14	-3.760E-13	-3.573E-12
-2.717E-7	1.000E+0	-4.443E-8	2.383E-6	-5.983E-6	-1.891E-7	-3.110E-6	-1.353E-5
-7.398E-15	-4.443E-8	1.791E-7	-1.085E-14	2.245E-14	-1.275E-14	-9.233E-14	-7.374E-13
9.515E-14	2.383E-6	-1.085E-14	1.631E-6	-3.955E-6	-2.983E-13	6.417E-13	-1.233E-11
-2.509E-13	-5.983E-6	2.245E-14	-3.955E-6	9.808E-6	7.005E-13	-1.770E-12	2.829E-11
-3.366E-14	-1.891E-7	-1.275E-14	-2.983E-13	7.005E-13	4.814E-6	-6.298E-13	-5.260E-12
-3.760E-13	-3.110E-6	-9.233E-14	6.417E-13	-1.770E-12	-6.298E-13	7.811E-4	-2.054E-11
-3.573E-12	-1.353E-5	-7.374E-13	-1.233E-11	2.829E-11	-5.260E-12	-2.054E-11	1.910E-2

f) Matriz de Correlação com Influência Unitária

1.000	0.603	0.506	0.480	0.691	0.354	0.495	0.475
0.603	1.000	0.543	0.467	0.843	0.369	0.581	0.423
0.506	0.543	1.000	0.549	0.640	0.447	0.490	0.465
0.480	0.467	0.549	1.000	0.749	0.613	0.443	0.624
0.691	0.843	0.640	0.749	1.000	0.478	0.650	0.550
0.354	0.369	0.447	0.613	0.478	1.000	0.397	0.434
0.495	0.581	0.490	0.443	0.650	0.397	1.000	0.340
0.475	0.423	0.465	0.624	0.550	0.434	0.340	1.000

g) Matriz de Correlação com Influência Atribuída

1.000E+0	1.168E-4	1.977E-8	3.162E-8	6.951E-8	1.666E-8	1.878E-8	2.255E-8
1.168E-4	1.000E+0	1.050E-4	1.544E-4	4.363E-4	8.617E-5	1.113E-4	9.794E-5
1.977E-8	1.050E-4	1.000E+0	3.869E-8	6.552E-8	2.278E-8	1.949E-8	2.289E-8
3.162E-8	1.544E-4	3.869E-8	1.000E+0	9.889E-1	5.137E-8	3.079E-8	5.045E-8
6.951E-8	4.363E-4	6.552E-8	9.889E-1	1.000E+0	6.010E-8	6.503E-8	6.797E-8
1.666E-8	8.617E-5	2.278E-8	5.137E-8	6.010E-8	1.000E+0	1.986E-8	2.579E-8

1.878E-8 1.113E-4 1.949E-8 3.079E-8 6.503E-8 1.986E-8 1.000E+0 1.622E-8
 2.255E-8 9.794E-5 2.289E-8 5.045E-8 6.797E-8 2.579E-8 1.622E-8 1.000E+0

3 HIDROGEOMORFOLÓGICO

3.1 Resultados

a) PMVC

Influência unitária		
0.008	0.007	0.030
0.007	0.280	0.247
0.030	0.247	1.000

influência atribuída		
0.009	0.021	0.033
0.021	0.578	0.522
0.033	0.522	1.000

b) Matriz de Relevância ou Influência Propagada

Influência matriz unitária		
1.000	0.002	-0.030
0.002	0.031	-0.008
-0.030	-0.008	0.010

influência atribuída		
1.000	-0.012	-0.027
-0.012	0.026	-0.013
-0.027	-0.013	0.016

c) Matriz de Correlação

Influência matriz unitária		
1.000	0.149	0.341
0.149	1.000	0.467
0.341	0.467	1.000

influência atribuída		
1.000	0.541	0.601
0.541	1.000	0.968
0.601	0.968	1.000

4 GEOMORFOLÓGICO

4.1 Resultados

a) PMVC com influência unitária

0.1 0.038 0.07 0.158 0 0 0.019 0
 0.038 0.058 0.054 0.12 0 0 0 0.027
 0.07 0.054 0.198 0.222 0 0.061 0 0
 0.158 0.12 0.222 1 0.253 0 0 0
 0 0 0 0.253 0.255 0.069 0.03 0.057
 0 0 0.061 0 0.069 0.075 0.016 0.031
 0.019 0 0 0 0.03 0.016 0.014 0.013
 0 0.027 0 0 0.057 0.031 0.013 0.051

b) PMVC com influência atribuída

0.057	0.017	0.031	0.070	0.000	0.000	0.013	0.000
0.017	0.193	0.024	0.053	0.000	0.000	0.000	0.169
0.031	0.024	0.249	0.099	0.000	0.126	0.000	0.000
0.070	0.053	0.099	1.000	0.393	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.393	0.331	0.072	0.031	0.059
0.000	0.000	0.126	0.000	0.072	0.116	0.017	0.032
0.013	0.000	0.000	0.000	0.031	0.017	0.012	0.014
0.000	0.169	0.000	0.000	0.059	0.032	0.014	0.184

c) Matriz de Relevância ou Influência Propagada com Influência Unitária

1.385E-1	-6.472E-3	-9.400E-2	-4.908E-4	9.713E-4	1.529E-1	-3.721E-1	6.914E-3
-3.915E-2	8.467E-3	2.330E-2	-3.969E-7	7.856E-7	-3.789E-2	1.052E-1	-9.046E-3
-1.188E-2	4.501E-6	7.670E-3	3.507E-4	-6.941E-4	-1.247E-2	3.193E-2	-4.809E-6
-2.916E-2	1.105E-5	2.076E-2	-4.361E-7	8.631E-7	-3.376E-2	7.836E-2	-1.180E-5
5.770E-2	-2.186E-5	-4.109E-2	8.631E-7	-1.708E-6	6.681E-2	-1.551E-1	2.336E-5
1.932E-2	-7.319E-6	-1.247E-2	-5.703E-4	1.129E-3	2.028E-2	-5.191E-2	7.819E-6
-3.721E-1	1.739E-2	2.526E-1	1.319E-3	-2.610E-3	-4.108E-1	1.000E+0	-1.858E-2
4.182E-2	-9.046E-3	-2.490E-2	4.241E-7	-8.393E-7	4.048E-2	-1.124E-1	9.664E-3

d) Matriz de Relevância ou Influência Propagada com Influência Atribuída

-0.197	0.139	0.124	-0.026	0.051	-0.201	0.530	-0.148
0.348	-0.385	-0.078	0.017	-0.034	0.127	-0.936	0.412
-0.046	0.127	-0.028	-0.003	0.007	0.046	0.124	-0.136
-0.001	-0.008	-0.008	0.006	-0.011	0.013	0.002	0.008
0.002	0.015	0.015	-0.011	0.022	-0.025	-0.004	-0.016
0.075	-0.206	0.046	0.005	-0.011	-0.074	-0.202	0.220
0.530	-0.373	-0.332	0.070	-0.138	0.540	-1.424	0.398
-0.372	0.412	0.084	-0.018	0.036	-0.136	1.000	-0.440

e) Correlação com Influência Unitária

1.000	0.500	0.500	0.500	0.000	0.000	0.500	0.000
0.500	1.000	0.500	0.500	0.000	0.000	0.000	0.500
0.500	0.500	1.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.000
0.500	0.500	0.500	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500
0.000	0.000	0.500	0.000	0.500	1.000	0.500	0.500
0.500	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	1.000	0.500
0.000	0.500	0.000	0.000	0.500	0.500	0.500	1.000

f) Correlação com Influência Atribuída

1.000	0.162	0.263	0.295	0.000	0.000	0.493	0.000
0.162	1.000	0.108	0.122	0.000	0.000	0.000	0.894
0.263	0.108	1.000	0.198	0.000	0.741	0.000	0.000
0.295	0.122	0.198	1.000	0.683	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.683	1.000	0.365	0.490	0.239
0.000	0.000	0.741	0.000	0.365	1.000	0.447	0.218
0.493	0.000	0.000	0.000	0.490	0.447	1.000	0.293
0.000	0.894	0.000	0.000	0.239	0.218	0.293	1.000

5 GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

5.1 Resultados

a) PMVC com influência unitária

0.0002	0.0003	0	0	0	0	0	0.0002	0	0	0	
0.0003	0.0177	0.0024	0.0002	2E-05	3E-07	0.0062	0.0006	0.0002	6E-05	0.0549	
	0	0.0024	0.005	8E-05	0.0015	0	0.0025	0	0.0175	0	0.0221
	0	0.0002	8E-05	1E-05	0	0	0.0002	0	6E-07	0	0.0018
	0	2E-05	0.0015	0	0.0062	9E-06	0.0045	0.0015	0.0368	0	0
	0	3E-07	0	0	9E-06	5E-08	1E-05	5E-06	0	5E-06	0
	0	0.0062	0.0025	0.0002	0.0045	1E-05	0.013	0.0022	2E-05	1E-05	0.0569
0.0002	0.0006	0	0	0.0015	5E-06	0.0022	0.0012	0	0.0001	0	
	0	0.0002	0.0175	6E-07	0.0368	0	2E-05	0	0.8729	0.021	0.4674
	0	6E-05	0	0	0	5E-06	1E-05	0.0001	0.021	0.002	0.0225
	0	0.0549	0.0221	0.0018	0	0	0.0569	0	0.4674	0.0225	1
0.0014	0.0034	0	0	0	0	0	0	0.003	0.0877	0.0042	0.0939
	0	1E-05	0.0011	1E-08	0.0023	0	3E-07	0	0.0268	0	3E-06
	0	8E-08	0	0	0	7E-09	2E-08	2E-07	0	1E-06	0
	0	0.024	0.0096	0.0008	0	1E-07	0.0249	4E-06	7E-05	3E-05	0.2184
0.0008	0.0019	0	0	0	0	2E-07	5E-07	0.0017	0	4E-05	0
0.0003	0.002	0.0008	6E-05	0.0001	0	0.002	8E-06	0.0014	0	0.0178	
0.0014	0	0	0	0.0008	0.0003						
0.0034	1E-05	8E-08	0.024	0.0019	0.002						
	0	0.0011	0	0.0096	0	0.0008					
	0	1E-08	0	0.0008	0	6E-05					
	0	0.0023	0	0	0	0.0001					
	0	0	7E-09	1E-07	2E-07	0					
	0	3E-07	2E-08	0.0249	5E-07	0.002					
0.003	0	2E-07	4E-06	0.0017	8E-06						
0.0877	0.0268	0	7E-05	0	0.0014						
0.0042	0	1E-06	3E-05	4E-05	0						
0.0939	3E-06	0	0.2184	0	0.0178						
0.0352	0	0	0	0.0101	5E-05						
	0	0.0033	2E-06	0.0126	0.0031	9E-05					
	0	2E-06	4E-09	1E-05	3E-06	0					
	0	0.0126	1E-05	0.1914	0.0239	0.0078					

0.0101	0.0031	3E-06	0.0239	0.0117	3E-05
5E-05	9E-05	0	0.0078	3E-05	0.0014

b) PMVC com influência atribuída

0.0334	5E-09	0	0	0	0	0	5E-09	0	0	0
5E-09	2E-07	5E-08	4E-09	4E-10	6E-12	1E-07	1E-08	5E-09	1E-09	1E-06
0	5E-08	1	2E-09	3E-08	0	5E-08	0	4E-07	0	4E-07
0	4E-09	2E-09	0.0019	0	0	4E-09	0	1E-11	0	4E-08
0	4E-10	3E-08	0	2E-07	3E-10	1E-07	4E-08	7E-07	0	0
0	6E-12	0	0	3E-10	1E-12	4E-10	1E-10	0	1E-10	0
0	1E-07	5E-08	4E-09	1E-07	4E-10	3E-07	6E-08	4E-10	2E-10	1E-06
5E-09	1E-08	0	0	4E-08	1E-10	6E-08	3E-08	0	3E-09	0
0	5E-09	4E-07	1E-11	7E-07	0	4E-10	0	1E-05	3E-07	6E-06
0	1E-09	0	0	0	1E-10	2E-10	3E-09	3E-07	3E-08	3E-07
0	1E-06	4E-07	4E-08	0	0	1E-06	0	6E-06	3E-07	2E-05
3E-08	7E-08	0	0	0	0	0	6E-08	1E-06	5E-08	1E-06
0	3E-10	2E-08	2E-13	5E-08	0	7E-12	0	5E-07	0	6E-11
0	2E-12	0	0	0	1E-13	3E-13	4E-12	0	3E-11	0
0	5E-07	2E-07	2E-08	0	3E-12	5E-07	8E-11	1E-09	6E-10	4E-06
2E-08	4E-08	0	0	0	4E-12	1E-11	3E-08	0	9E-10	0
0.0878	4E-08	2E-08	1E-09	2E-09	0	4E-08	2E-10	3E-08	0	4E-07

3E-08	0	0	0	2E-08	0.0878
7E-08	3E-10	2E-12	5E-07	4E-08	4E-08
0	2E-08	0	2E-07	0	2E-08
0	2E-13	0	2E-08	0	1E-09
0	5E-08	0	0	0	2E-09
0	0	1E-13	3E-12	4E-12	0
0	7E-12	3E-13	5E-07	1E-11	4E-08
6E-08	0	4E-12	8E-11	3E-08	2E-10
1E-06	5E-07	0	1E-09	0	3E-08
5E-08	0	3E-11	6E-10	9E-10	0
1E-06	6E-11	0	4E-06	0	4E-07
6E-07	0	0	0	2E-07	1E-09
0	5E-08	2E-11	2E-07	4E-08	2E-09
0	2E-11	6E-14	2E-10	4E-11	0
0	2E-07	2E-10	3E-06	3E-07	2E-07
2E-07	4E-08	4E-11	3E-07	2E-07	5E-10
1E-09	2E-09	0	2E-07	5E-10	0.2307

c) Matriz de Relevância ou Influência Propagada com Influência Unitária

-5E-06	1E-18	2E-18	5E-17	-2E-13	-3E-04	-7E-07	4E-06	-6E-08	1E-06	7E-08
1E-18	1E-23	9E-31	2E-29	-2E-19	-4E-16	2E-19	2E-18	-1E-20	4E-19	3E-20
2E-18	9E-31	4E-23	4E-29	-3E-19	-8E-16	3E-19	4E-18	-3E-20	7E-19	5E-20
5E-17	2E-29	4E-29	2E-20	-7E-18	-2E-14	7E-18	1E-16	-6E-19	2E-17	1E-18
-2E-13	-2E-19	-3E-19	-7E-18	2E-14	6E-11	-2E-14	-3E-13	2E-15	-5E-14	-3E-15
-3E-04	-5E-17	-9E-17	-2E-15	7E-12	0.1998	-5E-05	-0.001	2E-08	-2E-04	-1E-06
2E-07	1E-19	2E-19	4E-18	-1E-14	-3E-04	8E-08	2E-06	4E-09	3E-07	-7E-09
1E-06	3E-19	6E-19	1E-17	-5E-14	-2E-04	8E-08	8E-07	-1E-08	2E-07	3E-08
1E-08	-1E-20	-2E-20	-5E-19	2E-15	8E-06	5E-09	-6E-08	1E-09	-2E-08	-1E-09
-1E-07	2E-19	4E-19	1E-17	-3E-14	-4E-04	-6E-08	3E-06	-1E-08	7E-08	2E-08
-5E-08	2E-20	3E-20	7E-19	-2E-15	4E-06	-1E-08	2E-08	-1E-09	2E-08	2E-09
2E-07	-9E-20	-2E-19	-4E-18	1E-14	5E-05	6E-08	-5E-07	4E-09	-5E-08	-8E-09
-3E-07	4E-19	8E-19	2E-17	-6E-14	-1E-04	-1E-07	1E-06	-2E-08	3E-07	2E-08
0.0012	-2E-17	-3E-17	-7E-16	2E-12	-0.412	0.0002	0.0018	9E-06	0.0005	-1E-05
-9E-08	-2E-20	-4E-20	-1E-18	3E-15	7E-05	-9E-09	-4E-07	-2E-10	-9E-08	-1E-10
-1E-07	-1E-19	-2E-19	-5E-18	2E-14	1E-05	-4E-08	5E-08	5E-09	-1E-07	-4E-09
2E-06	-5E-19	-9E-19	-2E-17	7E-14	0.0001	2E-07	-1E-06	2E-08	-4E-07	-3E-08

-3E-07	9E-07	7E-05	-2E-07	1E-07	2E-06
-2E-19	5E-19	1E-15	-6E-20	-6E-19	-5E-19
-3E-19	9E-19	2E-15	-1E-19	-1E-18	-8E-19
-6E-18	2E-17	5E-14	-3E-18	-3E-17	-2E-17
2E-14	-6E-14	-2E-10	9E-15	9E-14	6E-14
4E-05	-7E-06	-0.542	6E-06	0.0003	0.0001
-5E-08	-7E-08	0.0009	2E-09	-5E-07	-8E-08
-1E-07	2E-07	0.0004	-4E-08	-2E-07	-5E-07
6E-09	-2E-08	-9E-06	2E-09	7E-09	-4E-09
-7E-08	2E-07	0.0013	-3E-08	-7E-07	4E-08
-9E-09	2E-08	-3E-05	-2E-09	2E-08	2E-08
4E-08	-6E-08	-1E-04	1E-08	4E-08	-1E-07
-1E-07	3E-07	0.0002	-3E-08	-1E-07	1E-07
-1E-04	-1E-04	1	4E-06	-5E-04	-5E-04
2E-08	7E-10	-2E-04	-3E-10	9E-08	4E-08
2E-08	-9E-08	3E-05	2E-08	-3E-08	5E-08
1E-07	-3E-07	-2E-05	6E-08	-6E-08	-7E-07

d) Matriz de Relevância ou Influência Propagada com Influência Atribuída

-3E-11	-1E-23	-9E-31	-2E-29	9E-19	4E-10	1E-11	-4E-11	-5E-13	7E-11	1E-12
6E-23	4E-22	-6E-37	-1E-35	-6E-18	-1E-15	1E-18	1E-17	4E-19	2E-17	4E-19
4E-30	-6E-37	5E-29	-9E-43	-3E-25	-7E-23	8E-26	9E-25	2E-26	1E-24	3E-26
9E-29	-1E-35	-9E-43	3E-26	-8E-24	-2E-21	2E-24	2E-23	5E-25	3E-23	6E-25
-4E-18	-6E-18	-3E-25	-8E-24	3E-13	8E-11	-8E-14	-9E-13	-2E-14	-2E-12	-3E-14
-3E-09	3E-15	2E-22	4E-21	-2E-10	-0.37	-9E-04	0.0051	3E-05	-7E-05	-3E-05
3E-12	-7E-19	-4E-26	-9E-25	4E-14	0.0003	2E-06	-7E-06	-8E-08	9E-07	3E-08
9E-12	-2E-18	-1E-25	-3E-24	1E-13	0.0012	2E-07	-8E-06	8E-08	-2E-06	8E-08
2E-12	-2E-19	-1E-26	-3E-25	1E-14	3E-05	2E-07	-7E-07	-1E-08	8E-07	2E-08
9E-12	-7E-18	-4E-25	-1E-23	5E-13	0.0014	4E-06	-2E-05	-1E-07	2E-06	2E-09
-4E-12	4E-19	2E-26	5E-25	-2E-14	-2E-05	-4E-07	1E-06	2E-08	-2E-06	-3E-08
7E-12	9E-19	5E-26	1E-24	-5E-14	-4E-04	6E-07	5E-07	1E-09	3E-06	4E-08
-3E-11	1E-17	7E-25	2E-23	-7E-13	-5E-04	-3E-06	1E-05	2E-07	-1E-05	-4E-07
4E-09	-4E-15	-3E-22	-6E-21	3E-10	0.2192	0.0009	-0.004	-3E-05	-0.001	9E-05
6E-12	-7E-19	-4E-26	-9E-25	4E-14	-5E-05	5E-07	-1E-06	-2E-08	3E-06	6E-08
-1E-11	-9E-19	-5E-26	-1E-24	5E-14	0.0003	-1E-06	1E-06	-3E-08	-5E-06	-1E-07
1E-11	6E-24	3E-31	8E-30	-3E-19	-2E-10	-5E-12	2E-11	2E-13	-3E-11	-5E-13

-2E-11	7E-12	-5E-08	-7E-12	5E-11	1E-11
-1E-17	1E-18	-2E-14	-1E-18	1E-17	-2E-23
-6E-25	8E-26	-9E-22	-8E-26	8E-25	-1E-30
-1E-23	2E-24	-2E-20	-2E-24	2E-23	-3E-29
6E-13	-8E-14	1E-09	8E-14	-8E-13	2E-18
2E-05	-5E-04	1	0.0003	-0.002	1E-09
7E-08	1E-06	-0.001	-5E-07	2E-06	-1E-12
-3E-07	-1E-06	-0.002	-2E-07	3E-06	-3E-12
-2E-07	2E-07	-7E-04	-1E-07	6E-07	-8E-13
-2E-08	2E-06	-0.005	-9E-07	6E-06	-3E-12
4E-07	-3E-07	0.0011	2E-07	-1E-06	1E-12
-1E-06	-2E-08	-0.001	-3E-07	2E-06	-3E-12
4E-06	-4E-06	0.0111	2E-06	-1E-05	1E-11
-7E-05	0.0004	0.4912	-4E-04	0.0013	-2E-09
-1E-06	4E-07	-0.002	-3E-07	2E-06	-2E-12
2E-06	4E-07	0.0029	5E-07	-4E-06	4E-12
8E-12	-3E-12	2E-08	3E-12	-2E-11	-4E-12

e) Correlação com Influência Unitária

1	0.135	0	0	0	0	0	0.4515	0	0	0
0.135	1	0.2577	0.412	0.0018	0.0097	0.4111	0.1236	0.0019	0.0097	0.412
0	0.2577	1	0.3116	0.2651	0	0.3109	0	0.2651	0	0.3116
0	0.412	0.3116	1	0	0	0.4989	0	0.0002	0	0.5
0	0.0018	0.2651	0	1	0.5	0.5011	0.5373	0.5	0	0
0	0.0097	0	0	0.5	1	0.5033	0.6233	0	0.5	0
0	0.4111	0.3109	0.4989	0.5011	0.5033	1	0.539	0.0002	0.0022	0.4989
0.4515	0.1236	0	0	0.5373	0.6233	0.539	1	0	0.0859	0
0	0.0019	0.2651	0.0002	0.5	0	0.0002	0	1	0.5001	0.5003
0	0.0097	0	0	0	0.5	0.0022	0.0859	0.5001	1	0.5
0	0.412	0.3116	0.5	0	0	0.4989	0	0.5003	0.5	1
0.5	0.135	0	0	0	0	0	0.4515	0.5001	0.5	0.5
0	0.0018	0.2651	5E-05	0.5	0	5E-05	0	0.4999	0	5E-05
0	0.0097	0	0	0	0.5	0.0022	0.0859	0	0.5	0
0	0.4114	0.3112	0.4993	0	0.0014	0.4982	0.0002	0.0002	0.0014	0.4993
0.4954	0.134	0	0	0	0.009	4E-05	0.4489	0	0.009	0
0.5291	0.3933	0.3175	0.4748	0.0407	0	0.4738	0.0061	0.0409	0	0.4748

0.5	0	0	0	0.4954	0.5291
0.135	0.0018	0.0097	0.4114	0.134	0.3933
0	0.2651	0	0.3112	0	0.3175
0	5E-05	0	0.4993	0	0.4748
0	0.5	0	0	0	0.0407
0	0	0.5	0.0014	0.009	0
0	5E-05	0.0022	0.4982	4E-05	0.4738
0.4515	0	0.0859	0.0002	0.4489	0.0061
0.5001	0.4999	0	0.0002	0	0.0409
0.5	0	0.5	0.0014	0.009	0
0.5	5E-05	0	0.4993	0	0.4748
1	0	0	0	0.4954	0.0068
0	1	0.5	0.5008	0.5045	0.0407
0	0.5	1	0.5022	0.5134	0
0	0.5008	0.5022	1	0.5052	0.4742
0.4954	0.5045	0.5134	0.5052	1	0.0067
0.0068	0.0407	0	0.4742	0.0067	1

f) Correlação com Influência Atribuída

1	6E-05	0	0	0	0	0	0.0001	0	0	0
6E-05	1	1E-04	0.0002	0.0019	0.0105	0.4431	0.1312	0.0026	0.0131	0.5553
0	1E-04	1	4E-08	8E-05	0	9E-05	0	9E-05	0	0.0001
0	0.0002	4E-08	1	0	0	0.0002	0	7E-08	0	0.0002
0	0.0019	8E-05	0	1	0.6	0.601	0.635	0.5	0	0
0	0.0105	0	0	0.6	1	0.6029	0.7028	0	0.5	0
0	0.4431	9E-05	0.0002	0.601	0.6029	1	0.6365	0.0002	0.0022	0.4987
0.0001	0.1312	0	0	0.635	0.7028	0.6365	1	0	0.0846	0
0	0.0026	9E-05	7E-08	0.5	0	0.0002	0	1	0.3751	0.3753
0	0.0131	0	0	0	0.5	0.0022	0.0846	0.3751	1	0.375
0	0.5553	0.0001	0.0002	0	0	0.4987	0	0.3753	0.375	1
0.0002	0.182	0	0	0	0	0	0.4446	0.3751	0.375	0.375
0	0.0024	9E-05	2E-08	0.5	0	5E-05	0	0.6249	0	6E-05
0	0.0131	0	0	0	0.5	0.0022	0.0846	0	0.625	0
0	0.5548	0.0001	0.0002	0	0.0014	0.4981	0.0002	0.0002	0.0018	0.6243
0.0002	0.181	0	0	0	0.009	4E-05	0.4431	0	0.0113	0
1	0.0002	4E-08	6E-08	1E-05	0	0.0001	2E-06	2E-05	0	0.0002
0.0002	0	0	0	0.0002	1					
0.182	0.0024	0.0131	0.5548	0.181	0.0002					
0	9E-05	0	0.0001	0	4E-08					
0	2E-08	0	0.0002	0	6E-08					
0	0.5	0	0	0	1E-05					
0	0	0.5	0.0014	0.009	0					
0	5E-05	0.0022	0.4981	4E-05	0.0001					
0.4446	0	0.0846	0.0002	0.4431	2E-06					
0.3751	0.6249	0	0.0002	0	2E-05					
0.375	0	0.625	0.0018	0.0113	0					
0.375	6E-05	0	0.6243	0	0.0002					
1	0	0	0	0.6207	3E-06					
0	1	0.375	0.3758	0.3792	2E-05					
0	0.375	1	0.3775	0.3904	0					
0	0.3758	0.3775	1	0.3799	0.0002					
0.6207	0.3792	0.3904	0.3799	1	3E-06					
3E-06	2E-05	0	0.0002	3E-06	1					

6 CORRELAÇÃO E RELEVÂNCIA ENTRE OS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA E SUSCEPTIBILIDADE À INCÊNDIOS

6.1 Resultados

a) Com Influência Unitária

PMVC	
1.000	0.249
0.249	0.428

Influência Propagada	
0.429	-0.249
-0.249	1.000

Correlação	
1.000	0.381
0.381	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC	
1.000	0.994
0.994	0.998

Influência Propagada	
0.998	-0.994
-0.994	1.000

Correlação	
1.000	0.996
0.996	1.000

7 CORRELAÇÃO E RELEVÂNCIA ENTRE OS MAPAS DE HIDROGEOMORFOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

7.1 Resultados

a) Com Influência Unitária

PMVC		
1.000	0.000	0.000
0.000	0.927	0.000
0.000	0.000	0.946

Influência Propagada		
0.927	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	0.981

Correlação		
1.000	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC		
9E-05	0.000	0.000
0.000	3E-05	0.000
0.000	0.000	1.000

Influência Propagada		
0.333	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	0.000

Correlação		
1.000	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	1.000

8 CORRELAÇÃO E RELEVÂNCIA ENTRE OS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA, SUSCEPTIBILIDADE À INCÊNDIOS, HIDROGEOMORFOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

8.1 Resultados

a) Com Influência Unitária

PMVC

1.000	0.249	0.329	0.305	0.311
0.249	0.428	0.000	0.191	0.000
0.329	0.000	0.330	0.000	0.000
0.305	0.191	0.000	0.306	0.000
0.311	0.000	0.000	0.000	0.312

Influência Propagada

0.873	-0.167	-0.869	-0.765	-0.870
-0.167	0.167	0.167	0.063	0.167
-0.869	0.167	0.992	0.762	0.866
-0.765	0.063	0.762	0.860	0.762
-0.870	0.167	0.866	0.762	1.000

Matriz de Correlação

1.000	0.381	0.572	0.551	0.557
0.381	1.000	0.000	0.527	0.000
0.572	0.000	1.000	0.000	0.000
0.551	0.527	0.000	1.000	0.000
0.557	0.000	0.000	0.000	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC

1.000E+0	9.944E-1	8.159E-7	3.032E-7	8.817E-3
9.944E-1	9.975E-1	0.000E+0	1.026E-7	0.000E+0
8.159E-7	0.000E+0	8.197E-7	0.000E+0	0.000E+0
3.032E-7	1.026E-7	0.000E+0	3.045E-7	0.000E+0
8.817E-3	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0	8.968E-3

Influência Propagada

0.014492	0.014447	0.014425	0.009562	0.014248
0.014447	0.014403	0.014380	0.009533	0.014204
0.014425	0.014380	0.383492	0.009518	0.014182
0.009562	0.009533	0.009518	1.000000	0.009401
0.014248	0.014204	0.014182	0.009401	0.014042

Matriz de Correlação

1.000	0.996	0.001	0.001	0.093
0.996	1.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0.000	1.000	0.000	0.000
0.001	0.000	0.000	1.000	0.000
0.093	0.000	0.000	0.000	1.000

ANEXO 6

RESULTADOS DA FASE 2

Os resultados da Fase 2 serão apresentados com a seguinte estrutura:

- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Susceptibilidade aos Movimentos de Massa;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Susceptibilidade à Incêndios;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Hidrogeomorfologia;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico da Geomorfologia;
- Resultados da correlação de variáveis do processo analítico Geológico-Geotécnico;
- Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios;
- Correlação e Relevância entre os Mapas de Hidrogeomorfologia, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico;
- Correlação e Relevância entre os Mapas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, Susceptibilidade à Incêndios, Hidrogeomorfologia, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico.

1 Susceptibilidade aos Movimentos de Massa

1.1 Resultados

a) PMVC

Influência matriz unitária		
0	0.007	0.015
0.007	0.211	0.407
0.015	0.407	1

Influência atribuída		
0.000352	0.00648	0.00655
0.00648	1.000	0.1764
0.00655	0.1764	0.5204

b) Matriz de Relevância ou Influência Propagada

Influência matriz unitária		
1	-0.013	-0.01
-0.013	0.005	-0.002
-0.01	-0.002	0.001

Influência atribuída		
1.000	-0.00453	-0.01105
-0.00453	0.000286	-0.00004
-0.01105	-0.00004	0.0006333

c) Matriz de Correlação

Influência matriz unitária		
1	0.701	0.723
0.701	1	0.886
0.723	0.886	1

Influência atribuída		
1	0.346	0.484
0.346	1	0.244
0.484	0.244	1

2 Mapa de Susceptibilidade à Incêndios

2.1 Resultados

a) PMVC com influência unitária

0.017	0.05	0.065	0.047	0.042	0.001	0
0.05	0.488	0.361	0.259	0.226	0.005	0.001
0.065	0.361	1	0.378	0.306	0.008	0.002
0.047	0.259	0.378	0.392	0.226	0.006	0.001
0.042	0.226	0.306	0.226	0.258	0.005	0.001
0.001	0.005	0.008	0.006	0.005	0	0
0	0.001	0.002	0.001	0.001	0	0

c) PMVC com influência atribuída

9.991E-2	1.212E-8	1.626E-8	1.183E-8	1.022E-8	2.469E-10	5.618E-11
1.212E-8	1.891E-7	9.308E-8	6.771E-8	5.646E-8	1.414E-9	2.973E-10
1.626E-8	9.308E-8	4.122E-7	1.048E-7	7.979E-8	2.111E-9	3.776E-10
1.183E-8	6.771E-8	1.048E-7	1E+0	6.307E-8	1.589E-9	2.64E-10
1.022E-8	5.646E-8	7.979E-8	6.307E-8	9.411E-8	1.212E-9	2.452E-10
2.469E-10	1.414E-9	2.111E-9	1.589E-9	1.212E-9	1.569E-3	5.747E-12
5.618E-11	2.973E-10	3.776E-10	2.64E-10	2.452E-10	5.747E-12	1.166E-11

d) Influência Propagada com Influência Unitária

3.591E-4	6.960E-7	-5.849E-6	4.408E-6	-1.855E-5	-1.352E-5	-2.436E-4	-3.566E-3
6.960E-7	5.676E-6	-3.587E-7	1.799E-6	-5.754E-6	-5.845E-6	-6.716E-6	-2.103E-4
-5.849E-6	-3.587E-7	1.224E-5	-3.081E-7	-1.351E-6	-7.470E-6	-8.368E-5	-3.571E-4
4.408E-6	1.799E-6	-3.081E-7	2.577E-6	-3.456E-6	-1.141E-5	4.268E-5	-5.331E-4
-1.855E-5	-5.754E-6	-1.351E-6	-3.456E-6	1.057E-5	1.045E-5	-1.888E-4	2.082E-4
-1.352E-5	-5.845E-6	-7.470E-6	-1.141E-5	1.045E-5	2.909E-4	-6.219E-4	-6.463E-4
-2.436E-4	-6.716E-6	-8.368E-5	4.268E-5	-1.888E-4	-6.219E-4	4.990E-2	7.631E-3
-3.566E-3	-2.103E-4	-3.571E-4	-5.331E-4	2.082E-4	-6.463E-4	7.631E-3	1.000E+0

e) Influência Propagada com Influência Atribuída

1.083E-6	-3.435E-8	-1.831E-8	-3.211E-15	-7.586E-8	-4.842E-14	-2.157E-6
-3.435E-8	7.323E-1	-9.189E-2	-1.63E-8	-3.391E-1	-2.432E-7	-8.567E+0
-1.831E-8	-9.189E-2	3.281E-1	-1.372E-8	-2.131E-1	-1.802E-7	-3.803E+0
-3.211E-15	-1.63E-8	-1.372E-8	1.082E-7	-4.971E-8	-3.606E-14	-5.457E-7
-7.586E-8	-3.391E-1	-2.131E-1	-4.971E-8	1.58E+0	-5.631E-7	-1.769E+1
-4.842E-14	-2.432E-7	-1.802E-7	-3.606E-14	-5.631E-7	6.899E-5	-1.013E-5
-2.157E-6	-8.567E+0	-3.803E+0	-5.457E-7	-1.769E+1	-1.013E-5	1E+4

f) Correlação com Influência Unitária

1	0.55	0.5	0.572	0.633	0.501	0.587
0.55	1	0.517	0.591	0.636	0.518	0.571
0.5	0.517	1	0.604	0.603	0.514	0.5
0.572	0.591	0.604	1	0.71	0.604	0.554
0.633	0.636	0.603	0.71	1	0.603	0.647
0.501	0.518	0.514	0.604	0.603	1	0.501
0.587	0.571	0.5	0.554	0.647	0.501	1

g) Correlação com Influência Atribuída

1E+0	8.814E-5	8.011E-5	3.741E-8	1.054E-4	1.972E-8	5.206E-5
8.814E-5	1E+0	3.334E-1	1.557E-4	4.232E-1	8.211E-5	2.002E-1
8.011E-5	3.334E-1	1E+0	1.633E-4	4.051E-1	8.303E-5	1.723E-1
3.741E-8	1.557E-4	1.633E-4	1E+0	2.056E-4	4.011E-8	7.733E-5
1.054E-4	4.232E-1	4.051E-1	2.056E-4	1E+0	9.971E-5	2.341E-1
1.972E-8	8.211E-5	8.303E-5	4.011E-8	9.971E-5	1E+0	4.25E-5
5.206E-5	2.002E-1	1.723E-1	7.733E-5	2.341E-1	4.25E-5	1E+0

3 HIDROGEOMORFOLÓGICO

3.1 Resultados

a) PMVC

Influência unitária		
0.05	0.001	0.073
0.001	0	0
0.073	0	1

influência atribuída		
1.79E-2	2.433E-4	6.621E-2
2.433E-4	7.1E-6	1.048E-4
6.621E-2	1.048E-4	1E+0

b) Matriz de Relevância ou Influência Propagada

Influência matriz unitária		
0.00068	-0.01973	-0.00004
-0.019731	1	0.00098
-0.00004	0.00098	0.00002

influência atribuída		
5.246E-4	-1.749E-2	-3.29E-5
-1.749E-2	1E+0	1.054E-3
-3.29E-5	1.054E-3	5.022E-6

c) Matriz de Correlação

Influência matriz unitária		
1	0.738	0.323
0.738	1	0.081
0.323	0.081	1

influência atribuída		
1	0.683	0.495
0.683	1	0.039
0.495	0.039	1

4 GEOMORFOLÓGICO

4.1 Resultados

a) PMVC com influência unitária

0.089	0.024	0.042	0.099	0	0	0	0.045
0.024	0.025	0.022	0.053	0	0.025	0	0
0.042	0.022	0.078	0.093	0.044	0	0	0
0.099	0.053	0.093	0.447	0	0	0.334	0
0	0	0.044	0	0.1	0.051	0.158	0.048
0	0.025	0	0	0.051	0.103	0.16	0.048
0	0	0	0.334	0.158	0.161	1	0.151
0.045	0	0	0	0.048	0.048	0.151	0.092

b) PMVC com influência atribuída

0.299	0.018	0.031	0.075	0	0	0	0.27
0.018	0.018	0.017	0.04	0	0.017	0	0
0.031	0.017	0.107	0.07	0.088	0	0	0
0.075	0.04	0.07	0.502	0	0	0.501	0
0	0	0.088	0	0.125	0.025	0.079	0.024
0	0.017	0	0	0.025	0.06	0.08	0.024
0	0	0	0.501	0.079	0.08	1	0.076
0.27	0	0	0	0.024	0.024	0.076	0.297

c) Influência Propagada com Influência Unitária

1.385E-1	-6.472E-3	-9.400E-2	-4.908E-4	9.713E-4	1.529E-1	-3.721E-1	6.914E-3
-3.915E-2	8.467E-3	2.330E-2	-3.969E-7	7.856E-7	-3.789E-2	1.052E-1	-9.046E-3
-1.188E-2	4.501E-6	7.670E-3	3.507E-4	-6.941E-4	-1.247E-2	3.193E-2	-4.809E-6
-2.916E-2	1.105E-5	2.076E-2	-4.361E-7	8.631E-7	-3.376E-2	7.836E-2	-1.180E-5
5.770E-2	-2.186E-5	-4.109E-2	8.631E-7	-1.708E-6	6.681E-2	-1.551E-1	2.336E-5
1.932E-2	-7.319E-6	-1.247E-2	-5.703E-4	1.129E-3	2.028E-2	-5.191E-2	7.819E-6
-3.721E-1	1.739E-2	2.526E-1	1.319E-3	-2.610E-3	-4.108E-1	1.000E+0	-1.858E-2
4.182E-2	-9.046E-3	-2.490E-2	4.241E-7	-8.393E-7	4.048E-2	-1.124E-1	9.664E-3

d) Influência Propagada com Influência Atribuída

0.157	-0.26	-0.064	0.019	0.057	0.128	-0.012	-0.154
-0.504	-0.066	1	-0.178	-0.883	0.033	0.119	0.496
-0.019	0.664	-0.344	-0.005	0.304	-0.328	0.003	0.018
0.057	-0.146	-0.064	0.036	0.057	0.072	-0.024	-0.056
0.016	-0.587	0.304	0.005	-0.268	0.289	-0.003	-0.016
0.249	0.033	-0.493	0.088	0.436	-0.016	-0.059	-0.245
-0.038	0.098	0.043	-0.024	-0.038	-0.048	0.016	0.038
-0.154	0.256	0.063	-0.018	-0.056	-0.126	0.012	0.151

e) Correlação com Influência Unitária

1	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.5
0.5	1	0.5	0.5	0	0.5	0	0
0.5	0.5	1	0.5	0.5	0	0	0
0.5	0.5	0.5	1	0	0	0.5	0
0	0	0.5	0	1	0.5	0.5	0.5
0	0.5	0	0	0.5	1	0.5	0.5
0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5
0.5	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1

f) Correlação com Influência Atribuída

1	0.243	0.174	0.192	0	0	0	0.906
0.243	1	0.38	0.42	0	0.519	0	0
0.174	0.38	1	0.302	0.763	0	0	0
0.192	0.42	0.302	1	0	0	0.707	0
0	0	0.763	0	1	0.293	0.224	0.124
0	0.519	0	0	0.293	1	0.327	0.182
0	0	0	0.707	0.224	0.327	1	0.139
0.906	0	0	0	0.124	0.182	0.139	1

5 GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO

5.1 Resultados

a) PMVC com influência unitária

0.0026	0.0004	0.0012	0.0013	8E-05	0.018	0.0012	0.0006	0.0028	3E-05	0.0353
0.0004	0.0008	0.0008	0.0005	3E-05	0.0021	0.001	0.0005	0.0124	2E-05	0.0037
0.0012	0.0008	0.0074	0.0016	1E-04	0.0067	0.0126	0	0	0	0
0.0013	0.0005	0.0016	0.0084	0.0002	0.0145	0	0.0065	0	0	0
8E-05	3E-05	1E-04	0.0002	3E-05	0.0008	0	0	0	2E-05	0
0.018	0.0021	0.0067	0.0145	0.0008	0.1439	0	0	0	0	0.2047
0.0012	0.001	0.0126	0	0	0	0.0695	0.0173	0.0778	0.0009	0.1318
0.0006	0.0005	0	0.0065	0	0	0.0173	0.0172	0.0387	0.0004	0.0656
0.0028	0.0124	0	0	0	0	0.0778	0.0387	0.3483	0.002	0.2951
3E-05	2E-05	0	0	2E-05	0	0.0009	0.0004	0.002	4E-05	0.0033
0.0353	0.0037	0	0	0	0.2047	0.1318	0.0656	0.2951	0.0033	1
4E-05	3E-06	0.0017	0.0002	0	1E-04	0.0047	0.0002	0	0	0.0002
3E-05	0.0009	0	0	0	0	0	0	0.0146	0	0
8E-07	9E-08	0	0	4E-06	0	0	0	0	4E-06	0
0.0033	5E-06	0	0	0	0.0218	0	0	0	0	0.0534
9E-06	8E-05	0	3E-05	0	6E-05	0	4E-05	0.0013	0	0.0002
0.0013	0.0047	7E-05	0.0005	2E-06	0.0087	0.0002	0.0006	0.0805	2E-06	0.0211
0.0023	0.0008	0.0006	0	0	0.0153	0.0016	0	0.0138	0	0.0374
0.0004	0.0003	0.003	0.0004	3E-05	0.0017	0.0055	0.0002	0.0009	1E-05	0.0015
0.0045	0.0078	0.0063	0.011	0.0006	0.0455	0	3E-06	0.1003	0	0
4E-05	3E-05	8E-07	0.0033	9E-06	0.0013	0.0023	0.0004	0.0045		
3E-06	0.0009	9E-08	5E-06	8E-05	0.0047	0.0008	0.0003	0.0078		
0.0017	0	0	0	0	7E-05	0.0006	0.003	0.0063		
0.0002	0	0	0	3E-05	0.0005	0	0.0004	0.011		
0	0	4E-06	0	0	2E-06	0	3E-05	0.0006		
1E-04	0	0	0.0218	6E-05	0.0087	0.0153	0.0017	0.0455		
0.0047	0	0	0	0	0.0002	0.0016	0.0055	0		
0.0002	0	0	0	4E-05	0.0006	0	0.0002	3E-06		
0	0.0146	0	0	0.0013	0.0805	0.0138	0.0009	0.1003		
0	0	4E-06	0	0	2E-06	0	1E-05	0		
0.0002	0	0	0.0534	0.0002	0.0211	0.0374	0.0015	0		
0.0014	0.0008	3E-05	0.0014	1E-06	5E-05	0.0002	0.0007	7E-08		
0.0008	0.0022	3E-05	0.0016	0.0001	0.0067	0.0016	3E-05	0.0084		
3E-05	3E-05	2E-06	5E-05	0	4E-07	0	9E-07	0		
0.0014	0.0016	5E-05	0.0089	2E-05	0.0023	0.0064	6E-05	0		
1E-06	0.0001	0	2E-05	2E-05	0.0006	0.0001	0	0.0007		
5E-05	0.0067	4E-07	0.0023	0.0006	0.0914	0.0079	3E-05	0.0463		
0.0002	0.0016	0	0.0064	0.0001	0.0079	0.0129	0.0003	0.0079		
0.0007	3E-05	9E-07	6E-05	0	3E-05	0.0003	0.0012	0.0019		
7E-08	0.0084	0	0	0.0007	0.0463	0.0079	0.0019	0.0929		

b) PMVC com influência atribuída

0.0051	0.004	0.0156	0.0036	0.0002	0.0153	9E-10	5E-10	2E-09	2E-11	4E-08
0.004	0.0032	0.0123	0.0029	0.0002	0.012	7E-10	4E-10	1E-08	2E-11	8E-09
0.0156	0.0123	0.0477	0.0111	0.0008	0.0466	2E-08	0	0	0	0
0.0036	0.0029	0.0111	0.0026	0.0002	0.0108	0	8E-09	0	0	0
0.0002	0.0002	0.0008	0.0002	1E-05	0.0007	0	0	0	2E-11	0
0.0153	0.012	0.0466	0.0108	0.0007	0.0456	0	0	0	0	3E-07
9E-10	7E-10	2E-08	0	0	0	7E-08	1E-08	6E-08	7E-10	1E-07
5E-10	4E-10	0	8E-09	0	0	1E-08	2E-08	3E-08	3E-10	5E-08
2E-09	1E-08	0	0	0	0	6E-08	3E-08	3E-07	1E-09	2E-07
2E-11	2E-11	0	0	2E-11	0	7E-10	3E-10	1E-09	4E-11	3E-09
4E-08	8E-09	0	0	0	3E-07	1E-07	5E-08	2E-07	3E-09	1E-06
7E-11	5E-12	2E-09	2E-10	0	1E-10	6E-09	3E-10	0	0	3E-10
5E-11	1E-09	0	0	0	0	0	0	2E-08	0	0
2E-12	2E-13	0	0	5E-12	0	0	0	0	5E-12	0
4E-09	1E-11	0	0	0	3E-08	0	0	0	0	7E-08
1E-11	2E-05	0	4E-11	0	8E-11	0	6E-11	2E-09	0	2E-10
2E-09	0.0002	9E-11	6E-10	2E-12	1E-08	3E-10	8E-10	1E-07	3E-12	3E-05
3E-09	1E-09	7E-10	0	0	2E-08	2E-09	0	2E-08	0	5E-08
0.0065	0.0051	0.02	0.0046	0.0003	0.0195	7E-09	1E-10	6E-10	7E-12	1E-09
0.0199	0.0156	0.0605	0.0141	0.001	0.0592	0	3E-12	1E-07	0	0
7E-11	5E-11	2E-12	4E-09	1E-11	2E-09	3E-09	0.0065	0.0199		
5E-12	1E-09	2E-13	1E-11	2E-05	0.0002	1E-09	0.0051	0.0156		
2E-09	0	0	0	0	9E-11	7E-10	0.02	0.0605		
2E-10	0	0	0	4E-11	6E-10	0	0.0046	0.0141		
0	0	5E-12	0	0	2E-12	0	0.0003	0.001		
1E-10	0	0	3E-08	8E-11	1E-08	2E-08	0.0195	0.0592		
6E-09	0	0	0	0	3E-10	2E-09	7E-09	0		
3E-10	0	0	0	6E-11	8E-10	0	1E-10	3E-12		
0	2E-08	0	0	2E-09	1E-07	2E-08	6E-10	1E-07		
0	0	5E-12	0	0	3E-12	0	7E-12	0		
3E-10	0	0	7E-08	2E-10	3E-05	5E-08	1E-09	0		
2E-09	2E-09	5E-11	3E-09	2E-12	7E-11	3E-10	9E-10	9E-14		
2E-09	3E-09	5E-11	3E-09	1E-10	8E-09	2E-09	6E-11	1E-08		
5E-11	5E-11	3E-12	9E-11	0	5E-13	0	2E-12	0		
3E-09	3E-09	9E-11	1E-08	2E-11	3E-09	6E-09	1E-10	0		
2E-12	1E-10	0	2E-11	0.0003	8E-10	1E-10	0	9E-10		
7E-11	8E-09	5E-13	3E-09	8E-10	1	1E-08	4E-11	6E-08		
3E-10	2E-09	0	6E-09	1E-10	1E-08	1E-08	3E-10	1E-08		
9E-10	6E-11	2E-12	1E-10	0	4E-11	3E-10	0.0084	0.0253		
9E-14	1E-08	0	0	9E-10	6E-08	1E-08	0.0253	0.0769		

c) Influência Propagada com Influência Unitária

-0.004	-0.016	0.005	0.0012	0.0331	-3E-04	-0.002	-9E-04	0.001	-0.023	0.0003
0.0059	0.029	-0.023	-0.003	-0.052	0.0013	0.0031	0.0022	-0.002	0.028	-5E-04
-1E-04	-0.004	0.0015	0.0003	0.004	-2E-04	-3E-04	-2E-04	0.0002	-0.003	5E-05
-1E-05	-0.002	-4E-04	-9E-06	0.0157	-1E-04	-1E-04	7E-06	0.0002	-0.01	9E-06
0.0082	0.0191	0.0264	4E-05	-0.236	0.0008	0.0045	0.0006	-0.001	0.011	-5E-04
0.0005	0.0024	-0.002	-2E-04	-0.006	0.0001	0.0002	0.0001	-2E-04	0.0055	-5E-05
-1E-05	0.0005	-7E-04	-1E-04	-2E-04	5E-05	3E-05	8E-05	-3E-05	-4E-04	-4E-06
9E-06	0.0012	0.0004	6E-06	-0.012	7E-05	8E-05	-5E-06	-1E-04	0.0072	-6E-06
-2E-05	-5E-04	0.0001	6E-05	-4E-05	-1E-05	-4E-05	-5E-05	3E-05	-2E-05	3E-06
-0.006	-0.007	-0.035	0.0016	0.1977	-4E-04	-0.003	-0.002	0.0009	-6E-04	0.0004
5E-05	6E-06	0.0004	-9E-06	0.0004	-2E-05	2E-05	1E-05	5E-06	-8E-04	-1E-06
7E-05	0.0019	-0.003	-2E-05	-0.004	9E-05	0.0003	2E-05	-2E-04	0.0023	-4E-05
-9E-05	-4E-04	0.0004	3E-05	0.001	-2E-05	-4E-05	-2E-05	3E-05	-6E-04	9E-06
-0.007	-0.047	0.0629	-0.008	0.0422	-0.001	-0.003	0.0066	0.0018	-0.046	-1E-05
0.0002	0.0002	4E-05	0.0001	0.0005	-4E-06	-6E-05	-1E-04	3E-05	0.0001	1E-05
-4E-04	-0.002	0.0015	0.0002	0.0035	-9E-05	-2E-04	-1E-04	0.0001	-0.002	3E-05
-1E-06	-6E-06	5E-06	6E-07	1E-05	-3E-07	-7E-07	-5E-07	4E-07	-6E-06	1E-07
-5E-05	-4E-05	-5E-05	-3E-05	-2E-04	3E-06	2E-05	3E-05	-8E-06	-3E-05	-3E-06
0.0004	0.0043	0.0037	0.0001	-0.005	-4E-05	0.0002	-9E-05	-8E-05	0.0095	-7E-05
-6E-04	-0.002	0.002	0.0002	0.0052	-1E-04	-2E-04	-1E-04	0.0001	-0.003	5E-05

-0.001	5E-05	-0.029	0.0013	0.0011	3E-06	-3E-04	0.0005	-2E-05		
0.0033	-4E-05	0.0907	-0.004	-0.002	-6E-06	0.001	0.0311	0.0003		
-4E-04	2E-05	-3E-04	0.0003	0.0002	8E-07	-7E-05	-0.001	7E-05		
-5E-05	-2E-05	-0.021	0.0004	0.0001	3E-07	-1E-04	0.0018	-9E-05		
-0.023	-8E-06	1	-0.004	-0.001	-4E-06	0.0014	-0.075	0.0004		
0.0005	-2E-06	-0.001	-3E-04	-2E-04	-5E-07	8E-05	0.0022	3E-05		
0.0002	-5E-07	0.0031	-2E-04	-3E-05	-1E-07	5E-05	0.0013	1E-06		
5E-05	1E-05	0.0155	-3E-04	-8E-05	-2E-07	8E-05	-0.002	7E-05		
-8E-05	8E-07	0.0003	4E-05	3E-05	1E-07	-1E-05	-3E-05	2E-06		
0.0238	-6E-05	-0.88	0.0013	0.0005	2E-06	-6E-04	0.0882	-7E-04		
-2E-04	-1E-06	0.0026	7E-05	-4E-07	-1E-09	-2E-05	-9E-04	-6E-06		
-3E-04	9E-06	0.0065	-5E-05	-1E-04	-4E-07	-6E-06	0.0053	8E-05		
-6E-05	2E-07	-0.001	8E-05	2E-05	7E-08	-2E-05	-7E-04	-7E-06		
-0.019	0.0003	0.047	0.0118	0.0031	1E-05	-0.003	-0.115	0.0019		
0.0006	-1E-05	-0.003	-3E-04	-1E-05	-4E-08	7E-05	-2E-04	-7E-05		
-2E-04	3E-06	-0.006	0.0003	0.0001	4E-07	-7E-05	-0.002	-2E-05		
-7E-07	9E-09	-2E-05	9E-07	4E-07	1E-09	-2E-07	-6E-06	-6E-08		
-2E-04	3E-06	0.0009	6E-05	3E-06	9E-09	-2E-05	0.0001	2E-05		
0.0002	-6E-05	-0.027	0.0006	-3E-04	-9E-07	-1E-04	-0.011	-3E-04		
-2E-04	3E-06	-0.01	0.0003	0.0001	4E-07	-8E-05	-0.003	-3E-05		

d) Influência Propagada com Influência Atribuída

1E-10	-6E-10	7E-11	2E-10	-1E-09	-5E-11	5E-10	-7E-11	4E-11	-1E-08	-4E-11
-1E-09	1E-10	6E-11	-6E-10	1E-08	1E-10	-8E-09	-1E-09	-2E-10	2E-07	1E-09
1E-10	6E-11	4E-11	-1E-10	2E-10	8E-11	-6E-11	1E-10	4E-11	3E-09	-4E-11
4E-10	-6E-10	-2E-10	-7E-10	8E-09	-3E-10	2E-08	3E-09	3E-10	-4E-07	-2E-09
-2E-09	1E-08	5E-10	9E-09	-1E-07	-4E-09	1E-07	2E-08	2E-09	-3E-06	-2E-08
-9E-11	7E-11	8E-11	-3E-10	-4E-09	3E-10	-7E-09	-1E-09	-8E-11	2E-07	9E-10
2E-10	-2E-10	-2E-10	-1E-10	1E-08	-5E-10	-8E-05	-2E-05	-3E-06	0.0023	1E-05
-3E-10	4E-10	8E-11	5E-10	-4E-09	1E-10	-2E-05	-3E-06	-5E-07	0.0005	2E-06
3E-11	5E-11	7E-11	-2E-10	-5E-09	2E-10	8E-06	2E-06	3E-07	-2E-04	-1E-06
-2E-08	1E-08	2E-08	8E-09	-1E-06	6E-08	0.0076	0.0014	0.0003	-0.195	-0.001
1E-10	-8E-11	-1E-10	5E-11	7E-09	-4E-10	-3E-05	-6E-06	-1E-06	0.0007	5E-06
-2E-09	2E-09	1E-09	1E-09	-8E-08	4E-09	0.0006	0.0001	2E-05	-0.018	-8E-05
3E-11	-3E-11	-4E-11	9E-11	2E-09	-1E-10	-6E-06	-1E-06	-2E-07	0.0001	9E-07
1E-07	-1E-07	-9E-08	-8E-08	5E-06	-3E-07	-0.039	-0.007	-0.001	1	0.0054
-1E-09	1E-09	9E-10	5E-10	-6E-08	3E-09	0.0004	7E-05	1E-05	-0.008	-6E-05
8E-11	-7E-12	-4E-12	4E-11	-9E-10	-9E-12	5E-10	7E-11	2E-11	-1E-08	-8E-11
3E-13	-2E-14	-9E-15	1E-13	-3E-12	-2E-14	8E-10	2E-10	3E-11	-2E-08	-1E-10
3E-10	-3E-10	-2E-10	-2E-10	2E-08	-8E-10	-1E-04	-2E-05	-4E-06	0.0022	2E-05
3E-10	2E-10	-6E-11	-9E-11	-1E-08	2E-10	1E-10	8E-11	5E-11	1E-08	-2E-10
2E-11	-6E-11	-9E-11	4E-10	4E-09	-3E-10	3E-09	2E-10	-3E-11	-8E-08	-2E-10
-4E-09	-4E-12	8E-08	6E-10	4E-11	1E-13	-2E-10	1E-10	2E-11		
6E-08	2E-10	-1E-06	-1E-08	-7E-12	-5E-14	4E-09	7E-10	-1E-10		
5E-10	-2E-11	-1E-08	1E-11	-4E-12	-1E-14	-2E-12	-1E-10	-8E-11		
-1E-07	-3E-10	2E-06	2E-08	4E-11	2E-13	-7E-09	-3E-10	5E-10		
-9E-07	-2E-09	1E-05	2E-07	-7E-10	-2E-12	-6E-08	-1E-08	4E-09		
5E-08	1E-10	-9E-07	-1E-08	-5E-12	-4E-14	3E-09	3E-10	-3E-10		
0.0006	2E-06	-0.012	-1E-04	2E-11	-3E-10	3E-05	-4E-10	6E-10		
0.0001	4E-07	-0.002	-2E-05	-3E-11	-5E-11	6E-06	1E-10	-2E-10		
-6E-05	-2E-07	0.001	1E-05	-3E-12	3E-11	-4E-06	9E-11	-2E-10		
-0.055	-2E-04	1	0.0125	-7E-10	3E-08	-0.003	6E-08	-6E-08		
0.0002	9E-07	-0.004	-6E-05	5E-12	-1E-10	2E-05	-3E-10	4E-10		
-0.005	-1E-05	0.0921	0.0009	-1E-10	2E-09	-2E-04	4E-09	-4E-09		
4E-05	2E-07	-7E-04	-1E-05	2E-12	-2E-11	3E-06	-8E-11	1E-10		
0.2833	0.001	-5.13	-0.064	7E-09	-1E-07	0.017	-3E-07	3E-07		
-0.003	-1E-05	0.0432	0.0007	-7E-11	1E-09	-2E-04	3E-09	-3E-09		
-4E-09	-1E-11	7E-08	9E-10	4E-13	3E-15	-2E-10	-5E-11	9E-12		
-6E-09	-2E-11	1E-07	2E-09	1E-15	3E-15	-4E-10	-1E-13	2E-14		
0.0007	3E-06	-0.012	-2E-04	2E-11	-4E-10	5E-05	-7E-10	8E-10		
-6E-10	-4E-11	-9E-09	5E-10	-1E-11	-3E-14	-1E-10	1E-11	-8E-11		
-2E-08	-3E-12	4E-07	4E-09	4E-12	2E-14	-1E-09	-1E-10	2E-10		

e) Correlação com Influência Unitária

1	0.2488	0.2673	0.283	0.2848	0.936	0.0919	0.0919	0.0919	0.0919	0.6968
0.2488	1	0.3046	0.1888	0.1959	0.1896	0.1267	0.1267	0.7277	0.1267	0.1266
0.2673	0.3046	1	0.2028	0.2129	0.2038	0.5559	0	0	0	0
0.283	0.1888	0.2028	1	0.4126	0.4184	0	0.539	0	0	0
0.2848	0.1959	0.2129	0.4126	1	0.4121	0	0	0	0.5445	0
0.936	0.1896	0.2038	0.4184	0.4121	1	0	0	0	0	0.5396
0.0919	0.1267	0.5559	0	0	0	1	0.5	0.5	0.5	0.5
0.0919	0.1267	0	0.539	0	0	0.5	1	0.5	0.5	0.5
0.0919	0.7277	0	0	0	0	0.5	0.5	1	0.5	0.5
0.0919	0.1267	0	0	0.5445	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5
0.6968	0.1266	0	0	0	0.5396	0.5	0.5	0.5	0.5	1
0.0212	0.0026	0.5257	0.0481	0	0.0069	0.4728	0.0446	0	0	0.0064
0.0119	0.6416	0	0	0	0	0	0	0.5318	0	0
0.0128	0.0025	0	0	0.5445	0	0	0	0	0.5	0
0.6959	0.0019	0	0	0	0.6119	0	0	0	0	0.567
0.0372	0.5418	0	0.0737	0	0.0332	0	0.0684	0.4452	0	0.0308
0.0846	0.5436	0.0028	0.0163	0.0011	0.0754	0.0025	0.0151	0.4511	0.001	0.0699
0.4001	0.2471	0.0584	0	0	0.3563	0.0525	0	0.2055	0	0.3302
0.2376	0.301	0.9903	0.1298	0.1421	0.131	0.5986	0.0419	0.0419	0.0419	0.0419
0.2885	0.8843	0.2395	0.3939	0.3901	0.3935	0	7E-05	0.5574	0	0

0.0212	0.0119	0.0128	0.6959	0.0372	0.0846	0.4001	0.2376	0.2885		
0.0026	0.6416	0.0025	0.0019	0.5418	0.5436	0.2471	0.301	0.8843		
0.5257	0	0	0	0	0.0028	0.0584	0.9903	0.2395		
0.0481	0	0	0	0.0737	0.0163	0	0.1298	0.3939		
0	0	0.5445	0	0	0.0011	0	0.1421	0.3901		
0.0069	0	0	0.6119	0.0332	0.0754	0.3563	0.131	0.3935		
0.4728	0	0	0	0	0.0025	0.0525	0.5986	0		
0.0446	0	0	0	0.0684	0.0151	0	0.0419	7E-05		
0	0.5318	0	0	0.4452	0.4511	0.2055	0.0419	0.5574		
0	0	0.5	0	0	0.001	0	0.0419	0		
0.0064	0	0	0.567	0.0308	0.0699	0.3302	0.0419	0		
1	0.4823	0.5238	0.4029	0.0065	0.0046	0.0539	0.5479	6E-06		
0.4823	1	0.4604	0.3752	0.4735	0.4798	0.3038	0.0198	0.5928		
0.5238	0.4604	1	0.3777	0	0.001	0	0.0205	0		
0.4029	0.3752	0.3777	1	0.0349	0.0793	0.5972	0.018	0		
0.0065	0.4735	0	0.0349	1	0.408	0.2033	0	0.4963		
0.0046	0.4798	0.001	0.0793	0.408	1	0.2319	0.0028	0.5029		
0.0539	0.3038	0	0.5972	0.2033	0.2319	1	0.0663	0.2291		
0.5479	0.0198	0.0205	0.018	0	0.0028	0.0663	1	0.1751		
6E-06	0.5928	0	0	0.4963	0.5029	0.2291	0.1751	1		

f) Correlação com Influência Atribuída

1	0.9998	1	1	1	1	5E-05	5E-05	5E-05	5E-05	0.0006
0.9998	1	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	5E-05	5E-05	0.0004	5E-05	0.0001
1	0.9998	1	1	1	1	0.0003	0	0	0	0
1	0.9998	1	1	1	1	0	0.0012	0	0	0
1	0.9998	1	1	1	1	0	0	0	0.001	0
1	0.9998	1	1	1	1	0	0	0	0	0.0012
5E-05	5E-05	0.0003	0	0	0	1	0.375	0.375	0.375	0.3749
5E-05	5E-05	0	0.0012	0	0	0.375	1	0.375	0.375	0.3749
5E-05	0.0004	0	0	0	0	0.375	0.375	1	0.375	0.3749
5E-05	5E-05	0	0	0.001	0	0.375	0.375	0.375	1	0.3749
0.0006	0.0001	0	0	0	0.0012	0.3749	0.3749	0.3749	0.3749	1
2E-05	2E-06	0.0002	9E-05	0	1E-05	0.4683	0.0442	0	0	0.0063
1E-05	0.0003	0	0	0	0	0	0	0.5413	0	0
1E-05	2E-06	0	0	0.0008	0	0	0	0	0.5	0
0.0005	2E-06	0	0	0	0.0012	0	0	0	0	0.6024
1E-08	0.0193	0	5E-08	0	2E-08	0	3E-05	0.0002	0	1E-05
2E-08	0.0037	4E-10	1E-08	7E-10	5E-08	1E-06	6E-06	0.0002	4E-07	0.0259
0.0004	0.0002	3E-05	0	0	0.0009	0.0726	0	0.2842	0	0.4563
1	0.9998	1	1	1	1	0.0003	1E-05	1E-05	1E-05	1E-05
1	0.9998	1	1	1	1	0	1E-07	0.0008	0	0
2E-05	1E-05	1E-05	0.0005	1E-08	2E-08	0.0004	1	1		
2E-06	0.0003	2E-06	2E-06	0.0193	0.0037	0.0002	0.9998	0.9998		
0.0002	0	0	0	0	4E-10	3E-05	1	1		
9E-05	0	0	0	5E-08	1E-08	0	1	1		
0	0	0.0008	0	0	7E-10	0	1	1		
1E-05	0	0	0.0012	2E-08	5E-08	0.0009	1	1		
0.4683	0	0	0	0	1E-06	0.0726	0.0003	0		
0.0442	0	0	0	3E-05	6E-06	0	1E-05	1E-07		
0	0.5413	0	0	0.0002	0.0002	0.2842	1E-05	0.0008		
0	0	0.5	0	0	4E-07	0	1E-05	0		
0.0063	0	0	0.6024	1E-05	0.0259	0.4563	1E-05	0		
1	0.5834	0.6226	0.5059	2E-06	1E-06	0.059	0.0002	7E-09		
0.5834	1	0.5623	0.4632	0.0001	0.0001	0.294	1E-05	0.0007		
0.6226	0.5623	1	0.4816	0	3E-07	0	1E-05	0		
0.5059	0.4632	0.4816	1	1E-05	3E-05	0.571	1E-05	0		
2E-06	0.0001	0	1E-05	1	5E-08	8E-05	0	2E-07		
1E-06	0.0001	3E-07	3E-05	5E-08	1	1E-04	4E-10	2E-07		
0.059	0.294	0	0.571	8E-05	1E-04	1	3E-05	0.0003		
0.0002	1E-05	1E-05	1E-05	0	4E-10	3E-05	1	1		
7E-09	0.0007	0	0	2E-07	2E-07	0.0003	1	1		

6 CORRELAÇÃO E RELEVÂNCIA ENTRE OS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA E SUSCEPTIBILIDADE À INCÊNDIOS

6.1 Resultados

a) Com Influência Unitária

PMVC	
1.000	0.233
0.233	0.425

Influência Propagada	
0.425	-0.233
-0.233	1.000

Correlação	
1.000	-0.358
-0.358	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC	
1.000	0.52156
0.52156	0.521562

Influência Propagada	
0.521562	-0.52156
-0.52156	1

Correlação	
1.000	0.722
0.722	1.000

7 CORRELAÇÃO E RELEVÂNCIA ENTRE OS MAPAS DE HIDROGEOMORFOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Resultados

a) Com Influência Unitária

PMVC		
1.000	0.000	0.000
0.000	0.668	0.000
0.000	0.000	0.553

Influência Propagada		
0.927	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	0.981

Correlação		
1.000	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC		
0.167	0.000	0.000
0.000	1	0.000
0.000	0.000	2.1E-6

Influência Propagada		
0.553	0.000	0.000
0.000	0.827	0.000
0.000	0.000	1.000

Correlação		
1.000	0.000	0.000
0.000	1.000	0.000
0.000	0.000	1.000

8 CORRELAÇÃO E RELEVÂNCIA ENTRE OS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA, SUSCEPTIBILIDADE À INCÊNDIOS, HIDROGEOMORFOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

8.1 Resultados

a) Com Influência Unitária

PMVC

1	0.233	0.422	0.282	0.233
0.233	0.425	0	0.171	0
0.422	0	0.422	0	0
0.282	0.171	0	0.282	0
0.233	0	0	0	0.233

Influência Propagada

0.823	-0.159	-0.823	-0.726	-0.823
-0.159	0.159	0.159	0.063	0.159
-0.823	0.159	0.921	0.726	0.823
-0.726	0.063	0.726	0.835	0.726
-0.823	0.159	0.823	0.726	1

Matriz de Correlação

1.000	-0.44	-0.945	-0.876	-0.907
-0.44	1.000	0.416	0.172	0.399
-0.945	0.416	1.000	0.829	0.858
-0.876	0.172	0.829	1.000	0.795
-0.907	0.399	0.858	0.795	1.000

b) Com Influência Atribuída

PMVC

1E+0	5.216E-1	6.031E-6	1.005E-6	4.785E-1
5.216E-1	5.216E-1	0E+0	3.198E-7	0E+0
6.031E-6	0E+0	6.032E-6	0E+0	0E+0
1.005E-6	3.198E-7	0E+0	1.006E-6	0E+0
4.785E-1	0E+0	0E+0	0E+0	4.785E-1

Influência Propagada

0.91669651	0.91669554	0.91660918	0.62505758	0.9166607
0.91669554	0.91669554	0.91660822	0.62505661	0.91665973
0.91660918	0.91660822	1	0.62499803	0.91657337
0.62505758	0.62505661	0.62499803	0.92695455	0.62503316
0.9166607	0.91665973	0.91657337	0.62503316	0.91662594

Matriz de Correlação

1.000	0.7221	0.0024	0.0010	0.6916
0.7221	1.000	0	0.0004	0
0.0024	0	1.000	0	0
0.0010	0.0004	0	1.000	0
0.6916	0	0	0	1.000