

Universidade Federal do Rio de Janeiro

CARLOS ALBERTO DOS SANTOS

**INTEGRAÇÃO DE DADOS SÓCIO-AMBIENTAIS POR
INDICADORES ASSOCIADOS A LIMITES POLÍTICOS
MUNICIPAIS**

IGEO / UFRJ

2005

**INTEGRAÇÃO DE DADOS SÓCIO-AMBIENTAIS POR
INDICADORES ASSOCIADOS A LIMITES POLÍTICOS
MUNICIPAIS**

Carlos Alberto dos Santos

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Doutorado em Geografia

Orientador: Mauro Sérgio Fernandes Argento

Rio de Janeiro

2005

TES
08/11/05

**INTEGRAÇÃO DE DADOS SÓCIO-AMBIENTAIS POR
INDICADORES ASSOCIADOS A LIMITES POLÍTICOS
MUNICIPAIS**

Carlos Alberto dos Santos

Tese submetida ao corpo docente do Departamento de Geografia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor.

Aprovada por:

Prof. _____ - Orientador

Mauro Sérgio F. Argento, D.Sc.
Departamento de Geografia / UFRJ

Profa. _____

Carla B. Madureira Cruz, D.Sc.
Departamento de Geografia / UFRJ

Prof. _____

Paulo Márcio Leal de Menezes, D.Sc.
Departamento de Geografia / UFRJ

Prof. _____

Raúl Sánchez Vincenz, D.Sc.
Departamento de Geografia / PUC-RJ

Prof. _____

Jorge de Souza Marques, D.Sc.
Departamento de Geografia / UERJ

Rio de Janeiro
Outubro de 2005

Santos, Carlos Alberto.

Integração de Dados Sócio-ambientais por Indicadores Associados a limites políticos Municipais. / Carlos Alberto dos Santos. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 2005.

xiii, 142 f.; il.

Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, 2005.

Orientador: Mauro Sérgio Fernandes Argento.

1. Indicador. 2. Cobertura e uso da terra. 3. Integração. 4. Imagem satélite. 5. Classificação imagem. 6. Banco de dados geoespacial. I. Argento, M.S.F. (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia. III. Título.

Programa de Pós-Graduação em Geografia	
Instituto de Geociências	
Biblioteca de Referência Geral	
II. Registro	Data
PGG /	
12157	25/01/2006
Assinatura	
D. autor	

US:649582
B:649589-16

INTRODUÇÃO

Este livro é dedicado ao meu filho, Renan, que nasceu em 1998. É uma homenagem à vida, ao amor e à esperança. Espero que ele encontre aqui algumas palavras que possam ajudá-lo a entender o mundo e a si mesmo.

Este livro também é dedicado a todos os pais que estão lendo isso agora. Espero que possam encontrar aqui algumas dicas e reflexões que possam ajudá-los a criar filhos felizes e saudáveis.

Agradeço a todos os que me apoiaram e incentivaram a escrever este livro. Espero que ele seja útil e agradável para todos.

Este livro é dedicado ao meu filho, Renan, que nasceu em 1998. É uma homenagem à vida, ao amor e à esperança. Espero que ele encontre aqui algumas palavras que possam ajudá-lo a entender o mundo e a si mesmo.

Agradeço a todos os que me apoiaram e incentivaram a escrever este livro. Espero que ele seja útil e agradável para todos.

Este livro é dedicado ao meu filho, Renan, que nasceu em 1998. É uma homenagem à vida, ao amor e à esperança. Espero que ele encontre aqui algumas palavras que possam ajudá-lo a entender o mundo e a si mesmo.

Agradeço a todos os que me apoiaram e incentivaram a escrever este livro. Espero que ele seja útil e agradável para todos.

Ao meu filho

Renan Ventura dos Santos

AGRADECIMENTOS

Por mais que o desenvolvimento de uma tese exija o esforço enorme de uma só pessoa, o seu resultado não é alcançado de forma individual. Somente com a participação de colaboradores, diretos e indiretos, é possível alcançar as condições necessárias para o seu término. Por esta razão, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que me ajudaram, incentivaram e estiveram envolvidos durante esta trajetória.

De forma especial, gostaria de agradecer, inicialmente, aos meus pais, Jose Ananias e Raimunda Maria, pelo conjunto de valores que me fizeram abraçá-lo. Além disso, agradeço-lhes, imensamente, por todo apoio recebido ao longo de minha vida.

Ao meu filho Renan, por ser um grande estimulador desta iniciativa. Agradeço-lhe, também, por sua compreensão, principalmente pela minha ausência durante o tempo dedicado ao desenvolvimento desta tese.

Ao Professor Mauro Argento, um agradecimento muito especial, pela orientação, pelo constante apoio, pelas conversas e, principalmente, pelo ânimo repassado, conseguindo acender a luz sempre que o desânimo deixava a estrada escura e nebulosa.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ e ao corpo docente, pelo apoio e orientação. Aos funcionários de apoio, especialmente Ildione e Nildete, por estarem sempre atentas às minhas necessidades.

À Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em particular, à Diretoria de Informática, pela liberação concedida e incentivo deste desenvolvimento pessoal.

À Celso Monteiro e Ricardo Braga, pelo incentivo e apoio logístico durante todo o desenvolvimento desta tese.

À Helge Sokolonski, pelo encorajamento, pela boa vontade e disposição em ajudar, a todo momento que solicitada, com o seu conhecimento no tema cobertura e uso da terra.

Aos amigos Alice M. B. Vieira, José Eduardo Bezerra e Adriana Gundes, um agradecimento especial por suas participações destacadas nas palavras de encorajamento, na paciência infinita de escutar, nas contribuições e críticas construtivas durante todo o tempo.

Aos colegas Paulo Roberto Alves, e Andrea Lyrio, pelas contribuições e pelas constantes palavras de ânimo.

À Carla Madureira e Raúl Sanchez, pelas suas contribuições de conhecimento, sugestões e críticas, além do estímulo passado.

Por fim, agradeço a todos colegas do IBGE que, em diferentes momentos e de diferentes maneiras, contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

SANTOS, Carlos Alberto dos Santos. **Integração de Dados Sócio-ambientais por Indicadores Associados a Limites Políticos Municipais**. Orientador: Mauro Sérgio Fernandes Argento. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 2005. Tese (Doutorado em Geografia).

O esgotamento do modelo de desenvolvimento, adotado a partir de 1950, tendo como meta o crescimento econômico, tecnológico e produtivo a qualquer preço, sem mensurar a utilização dos recursos naturais, também entendidos como ilimitados, tem trazido gravíssimos problemas sociais e ecológicos para o mundo. Assim, um novo paradigma de desenvolvimento, que busca um modelo de desenvolvimento que se “auto-alimente” e garanta o bem estar das pessoas sem comprometer as necessidades de gerações futuras, requer a adoção de novas alternativas de análise e a interpretação de unidades sócio-ambientais que transcendam a visão individualizada dos tratamentos dos dados até então empregados. Um dos principais desafios nessa nova abordagem é o de se criar ferramentas de mensuração que permitam acompanhar e entender os eventos complexos que envolvem o relacionamento sociedade-natureza. Os indicadores têm como principal objetivo sintetizar, em um único valor, um conjunto de informações de uma mesma natureza que permita a percepção de fenômenos complexos por públicos diversos.

Esta tese procura integrar estas duas vertentes através de uma abordagem sistêmica baseada em fundamentações teórico-conceituais, no emprego de técnicas computacionais e de procedimentos estatísticos. A primeira vertente considera os indicadores sociais de educação, expectativa de vida e renda *per capita*, consolidados no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M 2000. A segunda considera a simplificação da paisagem em unidades taxonômicas trabalhadas no tema uso e cobertura da terra, consolidada no Índice de Transformação Antrópica - ITA.

A metodologia desenvolvida e a base de dados criada são experimentadas em uma área teste que engloba os municípios do entorno da Bacia de Sepetiba utilizando-se de dados disponíveis em instituições públicas, principalmente dados censitários e imagens de satélites.

ABSTRACT

SANTOS, Carlos Alberto dos Santos. **Integração de Dados Sócio-ambientais por Indicadores Associados a Limites Políticos Municipais**. Orientador: Mauro Sérgio Fernandes Argento. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 2005. Tese (Doutorado em Geografia).

The pattern of development, which has been adopted since 1950 and that has as its aim economical, technological and productive growth at any cost, without measuring the exploitation of natural resources, which were also believed as being illimitable, is running out and this fact has caused most serious social and ecological problems to the world. In this way, a new paradigm of development, which aims at a pattern of development that can support itself and guarantee people's welfare without endangering the necessities of future generations, demands the adoption of new alternatives of analysis and the interpretation of socio-ambiental units that transcend the individual vision of dealing with the data applied so far. One of the main challenges of this new approach is to create measuring instruments that can follow and understand the complex events that involve the relationship between society and nature. The indicators have as its main purpose to synthesize, in one single value, a group of information of the same nature that allows the perception of complex phenomena by different users.

This thesis aims at integrating these two questions through a systematic approach, based on theoretical-conceptual bases, the use of computing techniques and statistical procedures. The first question considers educational social indicators, expectation of life and per capita income, consolidated in Municipal Human Development Index – IDH-M 2000. The second one considers the simplification of landscape in taxonomic units molded in land cover and land use subject, consolidated in the Anthropic Transformation Index – ITA.

The displayed methodology and the created database are experienced in a test area that includes the municipalities situated around the Sepetiba Bay, by making use of data that are available in public institutions, mainly census data and satellite images.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Objetivos.....	9
1.1.1 - Objetivo Geral.....	10
1.1.2 - Objetivos Específicos.....	10
1.2 - Estrutura e Conteúdo dos Capítulos.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL.....	12
2.1 - Sistemas Ambientais.....	12
2.2 - Desenvolvimento Sustentável.....	13
2.3 - Cobertura e Uso da Terra.....	15
2.4 - Indicadores.....	17
2.4.1 - Requisitos Necessários.....	18
2.4.2 - Funcionalidades dos Indicadores.....	19
2.4.3 - Características dos Indicadores.....	20
2.5 - Considerações Metodológicas sobre os Indicadores Empregados.....	21
2.5.1 - O Índice de Desenvolvimento Humano.....	22
2.5.2 - O Índice de Transformação Antrópica.....	24
2.6. - Abordagem dos Limites Sócio-econômico e Natural.....	27
2.6.1 - A Delimitação de Eventos Sócio-econômicos.....	27
2.6.2 - A Delimitação de Eventos Naturais.....	28
3. FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA: FONTE E FERRAMENTA DE TRANSFORMAÇÃO DE DADOS.....	30
3.1 - Sensoriamento Remoto.....	31
3.1.1 - Principais Propriedades dos Sensores.....	34
3.1.2 - Classificação por Características Comuns.....	39
3.1.3 - Potencialidade das Imagens.....	41
3.2 - Modelo Digital de Elevação.....	42
3.2.1 - Estrutura de Dados de um MDE.....	44
3.2.2 - O Programa SRTM.....	46
3.3 - Sistema de Informações Geográficas.....	49
3.3.1 - Áreas de Aplicação.....	52
3.3.2 - Estruturas Gráficas em SIG.....	53
3.3.3 - Funcionalidades do SIG.....	54
4. PERSPECTIVA E ORGANIZAÇÃO METODOLÓGICA.....	57
4.1 - Análise de Requisitos.....	58
4.2 - Elaboração da Base Cartográfica Reduzida.....	59
4.3 - Desenho do Modelo Digital do Terreno.....	60

4.4 - Classificação Preliminar.....	60
4.5 - Desenvolvimento do Banco de Dados Geográfico.....	63
4.6 - Apoio de Campo.....	64
4.7 - Integração e Elaboração do Mapa de Cobertura e Uso da Terra.....	65
4.8 - Estabelecimento do ITA.....	70
4.9 - Integração IDH-M e ITA.....	70
5. MODELO APLICADO AOS MUNICÍPIOS INSERIDOS NA BACIA DE SEPETIBA.....	71
5.1 - Divisão Política dos Municípios que Participam da Bacia de Sepetiba.....	72
5.2 - Características Físicas da Área.....	73
5.3 - Histórico da Ocupação da Área.....	78
5.4 - Aspectos Sócio-econômicos Atuais.....	83
6. DESENVOLVIMENTO E GERAÇÃO DE RESULTADOS.....	86
6.1 - Levantamento de Insumos.....	86
6.2 - Criação da Base Cartográfica Reduzida.....	86
6.3 - Criação do Modelo Digital de Elevação.....	87
6.4 - Classificação da Imagem CBERS.....	89
6.5 - Criação do Banco Geográfico.....	92
6.5.1 - Criação do Modelo Conceitual.....	93
6.5.2 - Criação do Modelo Físico.....	101
6.6 - Levantamento de Campo.....	106
6.7 - Integração Temática e Mapeamento.....	106
6.8 - Cálculo do ITA.....	109
6.9 - Apresentação do IDH-M.....	111
6.9 - Produção da Integração do IDH-M e ITA.....	112
7. CONCLUSÕES.....	117
7.1 - Contribuições.....	117
7.2 - Limitações e Trabalhos Futuros.....	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
ANEXOS.....	132
Anexo 1 - Trabalho de Campo	133
Anexo 2 - Índice de Transformação Antrópica - ITA da Amazônia Legal ..	137
Anexo 3 - Material utilizado	139
Anexo 4 - Base de interpretação da integração do IDH-M e ITA	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Síntese do processo de geração da crise ambiental.....	3
Figura 02	Distribuição do IDH-M no Estado do Rio de Janeiro.....	6
Figura 03	Espectro eletromagnético.....	33
Figura 04	Representação de várias resoluções espaciais.....	36
Figura 05	Programação de revisitas de satélites semelhantes.....	37
Figura 06	Grupos de satélites de aplicações comuns.....	39
Figura 07	Representação do Modelo Digital de Elevação (MDE).....	43
Figura 08	Tipos de representação de um MDE.....	45
Figura 09	Equipamento da missão SRTM.....	47
Figura 10	Esquema do recobrimento SRTM.....	47
Figura 11	Pontos de apoio (transectos) da missão SRTM.....	49
Figura 12	Representação vetorial e matricial.....	54
Figura 13	Fontes de dados para o SIG.....	55
Figura 14	Localização da área de estudo.....	71
Figura 15	Visão por um MDE das unidades geomorfológicas.....	74
Figura 16	Base Cartográfica Reduzida.....	87
Figura 17	Modelo digital de elevação.....	88
Figura 18	Classificação da imagem CBERS para cobertura e uso da terra.....	92
Figura 19	Diagrama do modelo conceitual da base de dados.....	97
Figura 20	Diagrama do modelo físico da base de dados.....	103
Figura 21	Mapa de uso do solo e cobertura vegetal.....	108
Figura 22	Mapeamento de cobertura e uso da terra.....	109
Figura 23	Índice de Transformação Antrópica (ITA) por município.....	111
Figura 24	IDH-M dos Municípios participante da Bacia de Sepetiba	112
Figura 25	Integração do Índice de Transformação Antrópica (ITA) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) por município.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Parâmetros para construção do ITA.....	25
Tabela 02	Níveis de impactação do uso da terra.....	26
Tabela 03	Relação entre escala de plotagem e dimensão real.....	35
Tabela 04	Relação entre escala e resolução espacial.....	35
Tabela 05	Faixas espectrais dos sensores e suas potencialidades.....	38
Tabela 06	Características dos municípios que fazem parte da Bacia de Sepetiba.....	84
Tabela 07	Número de amostras por classe, utilizadas para a fase de treinamento.....	91
Tabela 08	Simbologia da representação gráfica do MER.....	96
Tabela 09	Relação de entidades e atributos da base de dados.....	98
Tabela 10	Relação de domínios das variáveis.....	100
Tabela 11	Estruturas das tabelas da base de dados.....	104
Tabela 12	Compatibilização de legenda.....	107
Tabela 13	Parâmetros de nível da transformação da paisagem.....	110
Tabela 14	Resultado da integração do IDH-M e ITA.....	114

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

"Várias ondas inovadoras sacudiram a ciência geográfica desde a década de cinquenta. Entre elas, a adoção da abordagem sistêmica foi a mais generalizada, proporcionando condições para que os novos avanços melhor compatibilizem a análise e a interpretação das unidades complexas, em seus vários níveis hierárquicos de organização espacial. Ao lado das proposições teóricas surgiu, de modo explosivo, o uso das técnicas de quantificação, baseando-se no arsenal dos procedimentos estatísticos e na linguagem matemática.

Outro acontecimento marcante foi provocado pelo desenvolvimento tecnológico, proporcionando a mensuração direta ou a elaboração de documentos tais como as imagens orbitais, ampliando em ritmo acelerado a obtenção de dados a respeito dos fenômenos ocorrentes na superfície terrestre. Há acúmulo de dados e facilidade para obter informação relacionada com a distribuição espacial dos elementos e variáveis de interesse para Geografia, Geociências e Análise Ambiental por exemplo." (TEIXEIRA *et al.*, 1992)

A necessidade de processar dados relevantes sobre a superfície da Terra tem acompanhado o homem ao longo de sua história. Inicialmente, limitados pela ausência de tecnologia, pela não especialização da ciência e pela falta de visão do valor estratégico da informação, os fenômenos naturais eram observados, pelo olho humano, somente no seu local de ocorrência e analisados de forma pontual. Mais tarde, os fenômenos passaram a ser levantados por guerreiros, navegadores, geógrafos, pesquisadores, etc., sendo descritos graficamente e armazenados em "papel", na forma conhecida hoje como mapas (CÂMARA, 1996).

Durante muito tempo, as observações levantadas eram limitadas tanto em sua abrangência espacial quanto no detalhamento dos alvos observados. Os poucos recursos existentes para aumentar a visualização (lunetas, binóculos), a dependência da sensibilidade do observador e os objetivos muito específicos do levantamento, notadamente para dar apoio à navegação e às estratégias de guerras, foram as principais causas desta limitação. Este quadro começa a mudar, por volta de 1800, com a especialização da ciência cartográfica na Europa, o aparecimento das câmeras

fotográficas e as técnicas de obtenção de fotografias da Terra a partir do espaço, ou seja, a técnica de obter dados sobre um alvo sem estar em contato direto com ele - Sensoriamento Remoto (SR).

O esgotamento do modelo de desenvolvimento, adotado a partir de 1950, que tem como meta o crescimento tecnológico, produtivo e econômico a qualquer custo, baseado na utilização ilimitada de recursos naturais, considerando-os também como infinitos, tem trazido gravíssimos problemas sociais e ecológicos para o mundo (BECKER, 1995). Muito embora este modelo de desenvolvimento tenha causado melhorias consideráveis no padrão econômico e na expectativa de vida de algumas camadas da população mundial, sobretudo nos países do hemisfério norte, pode-se constatar que ele vem causando problemas de proporções quase que incomensuráveis à natureza, afetando a todos, ricos e pobres, em qualquer lugar do planeta.

Atualmente, percebe-se que um evento de degradação, mesmo atuando num determinado ponto do planeta, transcende os limites locais e regionais e, por conseqüência, os limites políticos dos países. Assim sendo, pode-se dizer que não existe lugar no planeta que não tenha sido afetado pela poluição produzida a partir da interferência do homem, sendo, portanto, um assunto que preocupa e interessa a todos. A poluição do ar e dos recursos hídricos por grandes indústrias, a queima de recursos não renováveis como o petróleo e o carvão, a devastação de florestas e o crescimento urbano desordenado têm sido os principais agentes que vêm acelerando o processo de degradação na Terra. Hoje, na tentativa de buscar mecanismos compensatórios, sobretudo pelos países do norte, concentra-se um esforço para qualificar e quantificar os desastres ecológicos. Os estudos envolvendo custos naturais são recentes e, na medida em que têm evoluído, necessitam de um volume maior de informações e de recursos tecnológicos que visam o seu tratamento.

O modelo econômico adotado, aliado ainda à explosão populacional entre as décadas de 1960 e 1980, trouxe, no seu bojo, necessidades crescentes de recursos que só fizeram aumentar enormemente as pressões sobre a natureza. Estes dois fatores vêm gerando verdadeiras crises no cenário global nos últimos vinte anos. A utilização de recursos naturais para alimentar o sistema produtivo e, conseqüentemente, produzir bens e capital para o sistema econômico faz surgir a crise energética e a crise econômica, que

exercem pressão sobre o meio natural gerando a crise ambiental, como apresentado na Figura 1, (ORSOLON, 1993).

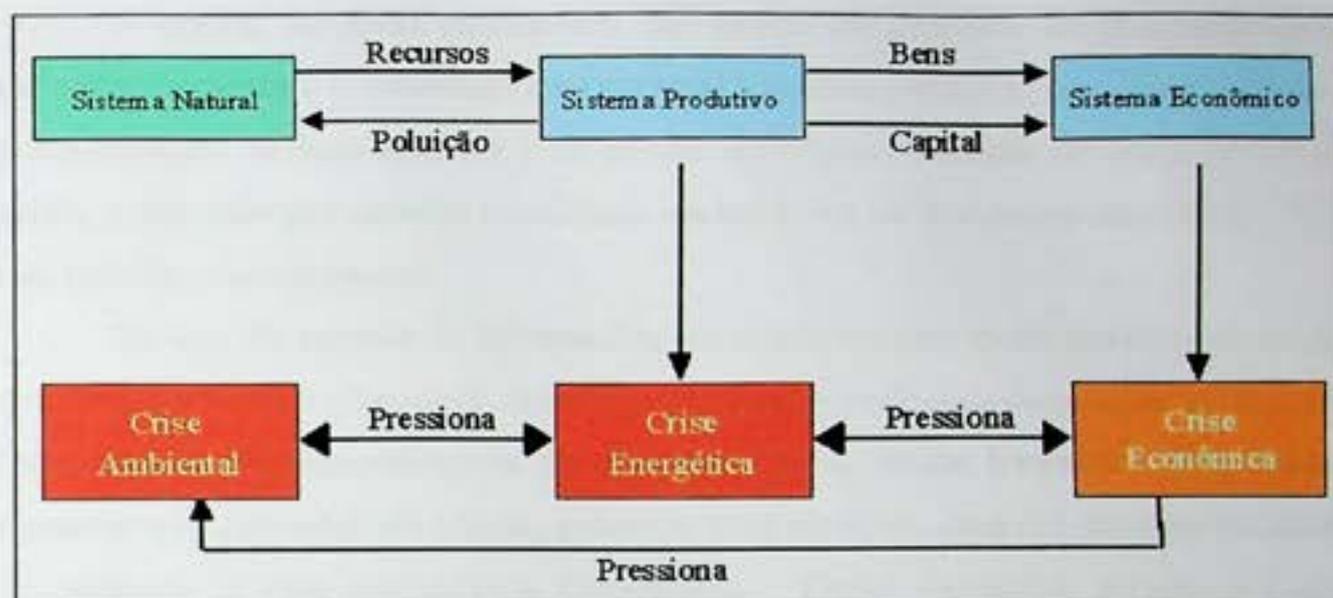


Figura 1: Síntese do processo de geração da crise ambiental
Adaptado de (ORSOLON, 1993).

Não menos importante que as outras, a crise ambiental tem se tornado o grande desafio a ser enfrentado neste início de século e vem sendo tratada como uma questão ético-ideológica no cenário político, pesquisada nas mais diferentes ciências e levada a fórum de discussões nas mais diferentes camadas da sociedade organizada.

A nova ordem mundial, que busca um modelo de desenvolvimento que se “auto-alimente” com o mínimo de dano para a Natureza, envolve um contingente enorme de técnicos e cientistas de diferentes áreas do conhecimento, organizados em instituições governamentais, não-governamentais, universidades e grandes empresas. Desta forma, percebe-se que usuários e produtores não são mais duas partes distintas de indivíduos e organizações, mas apenas exercem diferentes atividades ou papéis para os mesmos agentes em momentos alternados. Vale ressaltar ainda que, independentemente das visões diferenciadas entre as nações ricas do norte e as periféricas do sul, já se pode notar um consenso entre os povos da necessidade de se fazer algo rapidamente, no sentido de mudar o paradigma de desenvolvimento adotado nestas últimas décadas.

Embora não sejam recentes, os estudos ambientais foram realizados durante muito tempo de maneira analógica, utilizando-se de mapas e informações descritivas em formato textual que completavam o seu conteúdo. Considerando as necessidades de

cada época, estes estudos atendiam razoavelmente às demandas existentes. No entanto, os métodos utilizados traziam uma série de dificuldades para reutilização dos dados por projetos fora do âmbito de cada estudo.

A década de 1960 representou um marco no processo de desenvolvimento econômico quando a comunidade internacional começou a discutir, com maior ênfase, o relacionamento homem-natureza e os limites do desenvolvimento do planeta. Desde então, a demanda por estudos envolvendo dados sobre os fenômenos naturais e sociais tem crescido continuamente.

No que diz respeito às informações sócio-econômicas, existe um enorme arsenal de dados estatísticos disponível, oriundo de pesquisas realizadas durante várias décadas. Estes dados, predominantemente de natureza textual, foram levantados em períodos regulares e organizados em tabelas, cobrindo todo território com um universo constante de variáveis e uma metodologia consolidada. Como exemplos, tem-se o Censo Demográfico e o Censo Agropecuário, ambos realizados decenalmente pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Ocorre que, historicamente, os dados sócio-econômicos sempre foram coletados considerando uma unidade operacional/organizacional de trabalho e armazenados obedecendo a hierarquia dos limites políticos estabelecidos. Este recorte tem dificultado a integração em estudos envolvendo recortes naturais, tais como os estudos em bacias hidrográficas, por exemplo.

Além disso, a escolha do universo de variáveis representativas para analisar um determinado assunto torna-se profundamente trabalhosa e, por vezes, quando envolve instituições distintas, pouco representativa diante da grande quantidade de variáveis disponíveis e da diversidade de metodologias aplicadas. A arte de agrupar variáveis remonta os anos 1920 e 1930, criando uma medida representativa que informa algo sobre um aspecto de interesse da realidade social ou das transformações que ali estão ocorrendo (JANNUZZI, 2001), chamada de indicador.

Durante muito tempo, indicadores sociais foram usados somente nas esferas acadêmicas e órgãos de planejamento do Poder Público. Porém, a perspectiva de produção, disseminação e consolidação do uso de indicadores começou a mudar na década de 1960 com o envolvimento de organizações internacionais como: a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE, a *United*

Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO, a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO e a Organização Mundial de Saúde- OMS; e a publicação dos livros *Social Indicators* e *Toward a Social Report*, incentivados pelo governo americano. A cada dia, os indicadores vêm ganhando espaço em todas as esferas da sociedade. Taxa de desemprego, índice de inflação, taxa de analfabetismo, produto interno bruto, indicadores de desenvolvimento humano e outros já aparecem, corriqueiramente, na mídia e fazem parte de mesas de discussão do cotidiano brasileiro.

Usualmente, a maioria dos indicadores é construída a partir das informações disponíveis capturadas com frequência regular por um período longo. Em outras situações, eles podem ser também produzidos, sistematicamente, a custos razoáveis sem a necessidade de levantamento direto no campo. Em muitos casos, o custo para a obtenção de dados que não estão disponíveis ou processar informações adicionais pode ser uma grande limitação para o estabelecimento de um indicador.

Criado pela ONU por volta de 1947, a partir de outros três indicadores – educação, expectativa de vida ao nascer e renda *per capita* –, o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH tornou-se referência mundial para medir, comparar e projetar o desenvolvimento humano e o progresso das nações. No Brasil, através de uma cooperação envolvendo o Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento do Brasil - PNUD, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA e a Fundação João Pinheiro - FJP, este indicador foi adaptado para atender regiões administrativas menores, e o resultado, inédito em nível mundial, é o cálculo e a análise de índices de desenvolvimento humano para todos os municípios, neste caso chamado IDH-M, e microrregiões do Brasil. O resultado deste trabalho encontra-se publicado no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (IPEA, 2003), que disponibiliza, ainda, uma ferramenta baseada na tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilitando a realização de vários tipos de consultas espaciais. A Figura 2, produzida a partir deste ferramental, apresenta a distribuição do IDH-M no Estado do Rio de Janeiro.

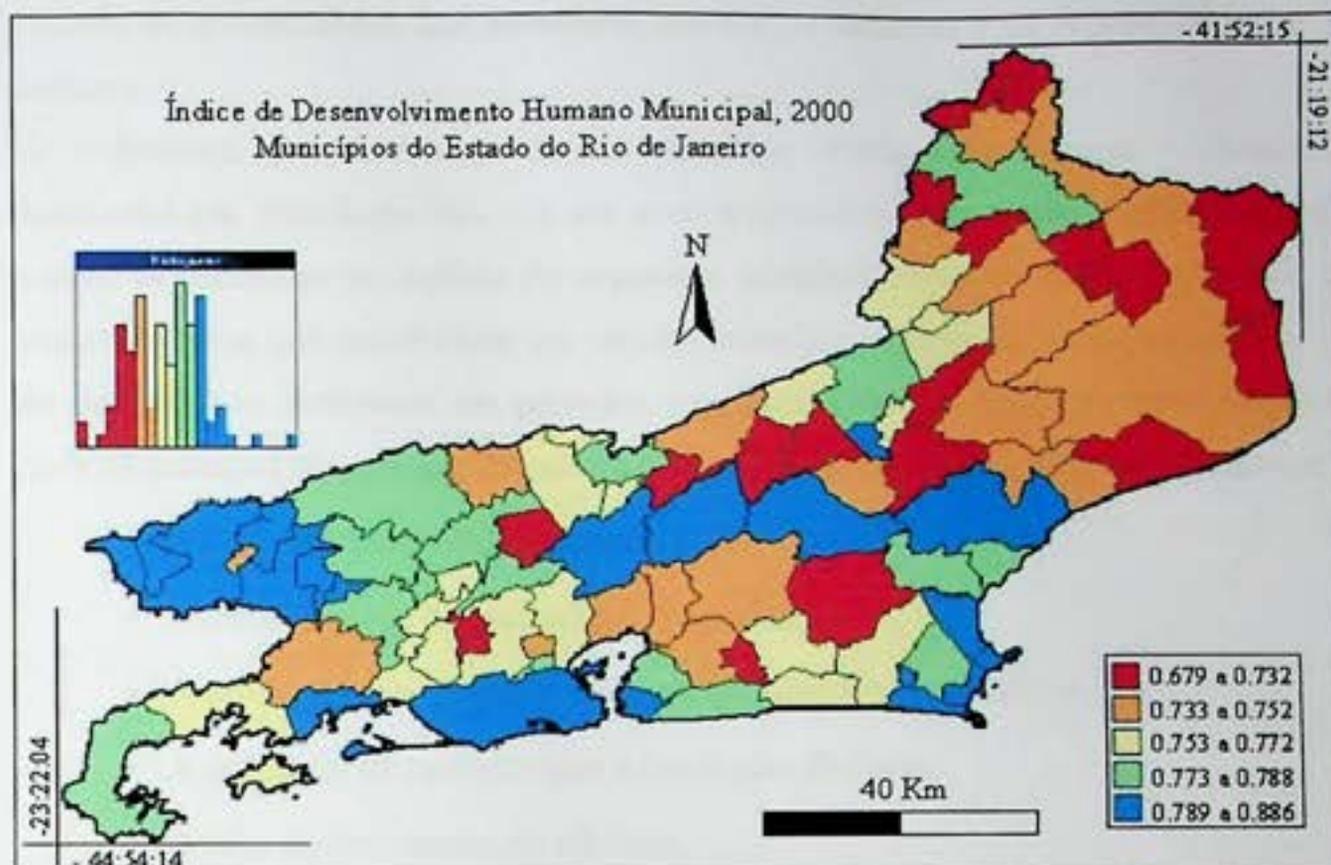


Figura 2: Distribuição do IDH-M no Estado do Rio de Janeiro

Fonte: Atlas do desenvolvimento Humano no Brasil (IPEA, 2003)

Ocorre que a forma tradicional de trabalhar utilizando somente indicadores econômicos pode mostrar um quadro distorcido do desenvolvimento, uma vez que não se considera o capital natural envolvido. Estes estudos podem ser complementados com a utilização de variáveis ambientais.

Diferentemente dos dados sócio-econômicos, advindos de pesquisas regulares consolidadas por instituições credenciadas, os dados sobre o ambiente natural e interações do homem sobre ele ainda não se encontram devidamente organizados e prontos para uso. As principais fontes destes dados são: mapas existentes, levantamento de campo, fotografias aéreas e, mais recentemente, imagens de satélites.

Historicamente, os dados do ambiente natural são levantados em locais distintos com nível de observação adequado para atender a um propósito específico, aplicando metodologias próprias. Além disto, não existe a preocupação em utilizar um recorte que possibilite uma articulação capaz de cobrir todo o território nacional.

Uma outra característica marcante que os diferencia dos dados sócio-econômicos é o processo de discretização utilizado durante o seu levantamento, sempre atrelado a uma razão entre os objetos geográficos representados e o mundo real, ou seja,

a escala de levantamento, que considera, também, a natureza e os propósitos a que se destinam.

Embora já exista uma divisão temática criada pelo homem – Geologia, Geomorfologia, Pedologia, etc. – e um acervo considerável em meio digital, ainda são poucas as iniciativas no sentido de organizar adequadamente os dados ambientais de forma sistêmica que possibilitem os estudos interdisciplinares no acompanhamento de um determinado fenômeno em períodos regulares cobrindo todo território nacional. Entre os principais fatores que dificultam a organização dos dados geográficos, têm-se:

- O crescimento desordenado dos acervos;
- A complexidade de produção e disseminação;
- A produção descentralizada focada em objetivos específicos;
- A utilização de metodologias e tipologias distintas;
- A falta de documentação eficiente,
- As dificuldades burocráticas;
- A incompatibilidade de formatos de arquivos;
- A pouca vontade política em levantar e disponibilizar os dados.

O Projeto Sistematização das Informações sobre Recursos Naturais, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, que organiza informações sobre recursos naturais de todo território nacional com nível de detalhe compatível com a escala 1:250.000, e o Programa de Levantamento do Desflorestamento da Amazônia - PRODES, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, que faz o levantamento anual do antropismo sobre as fisionomias naturais, são exemplos de projetos regionais em produção contínua, ambos fortemente apoiados na utilização de imagens de satélites.

A necessidade crescente de conhecer, quantificar, qualificar e delimitar, no espaço e no tempo, os fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, considerando diferentes escalas de observação e diferentes recortes naturais, tornou-se um campo fértil na busca de novas alternativas. Esta tendência veio complementar outras necessidades, também recentes, de analisar os fenômenos que ocorrem neste espaço geográfico de forma integrada, com rapidez e sistematização, evoluindo de uma atitude fragmentada e empírica para uma atitude holística e científica, capaz de fazer

avaliações, diagnósticos e prognósticos mais significativos, considerando igualmente a sustentabilidade dos sistemas ambientais. Um dos principais desafios nessa nova abordagem é o de se criar ferramentas de mensuração, ou seja, os indicadores ambientais (IBGE, 2002). A temática ambiental necessita, portanto, de estruturação, especificações e regras comuns para descrever e classificar seus dados no sentido de possibilitar a construção de indicadores de abordagem ampla capazes de auxiliar no conhecimento e na análise de todo o território. Além disso, necessita, ainda, adaptar suas áreas de estudos aos novos desafios.

Baseando-se nas fontes relacionadas acima que possibilitam extrair dados da Natureza, fica a certeza de que, atualmente, para estudos de grandes áreas que não envolvam detalhamentos pontuais e que necessitem acompanhamento regular, a utilização de imagens de satélites apresenta enormes vantagens sobre as outras fontes. Com o rápido desenvolvimento desta tecnologia, tem-se, hoje, um cenário interessante: o crescimento contínuo de um acervo de imagens de satélites utilizado para os mais diferentes fins e, também, o crescimento de usuários das mais diferentes áreas do conhecimento e níveis de experiência em busca deste acervo.

O tema Cobertura e Uso da Terra possibilita verificar as transformações ocorridas na superfície da Terra ao longo do tempo e tem se apoiado, enormemente, no uso de imagens orbitais nos mais variados níveis de observação.

A magnitude ou o grau com que a paisagem encontra-se modificada pode ser usada para quantificar e qualificar as transformações ocorridas, podendo ser, também, um balizador da qualidade ambiental. O coeficiente de Transformação Antrópica, também conhecido como Índice de Transformação Antrópica - ITA, proposto por Lèmechev (1962; *apud* Mateo, 1991), pode ser um bom parâmetro para quantificar esta magnitude.

Considerando as fontes de informação relacionadas acima, as imagens e as pesquisas sócio-econômicas, onde a primeira tem um enorme potencial para se obter dados do meio natural e a segunda é voltada para o contexto social, uma nova visão integrada pode ser trabalhada. As imagens de satélites e as técnicas que tratam seus dados, quando aliadas ao enorme potencial oferecido pelos dados oriundos de pesquisas sócio-econômicas, podem agregar valores em dois sentidos: por um lado, gerando um ganho de confiabilidade no processo de classificação das imagens e, por outro lado,

possibilitando representar, espacialmente e com maior fidelidade, a distribuição das ocorrências dos dados sócio-econômicos, além de apresentar o contexto do ambiente onde os eventos acontecem (RINDFUSS & STERN, 1998).

Considerando os limites de apreensão e representação, os dados nas imagens não estão condicionados a limites pré-definidos, enquanto que os dados sócio-econômicos sempre dependem de limites políticos previamente definidos. Por este motivo, percebe-se que o resultado de uma integração destes dois dados, pelo menos no estágio atual de organização dos dados sócio-econômicos, só pode ser apresentado obedecendo ao limite político definido. Ocorre que, em estudos envolvendo dados do ambiente natural, não é comum usar limites estabelecidos politicamente, uma vez que suas ocorrências transcendem a estes limites e suas interações são mais perceptíveis em unidades naturais de paisagens.

Pesquisas envolvendo dados provenientes de levantamentos sócio-econômicos e imagens classificadas resultantes de técnicas de Sensoriamento Remoto são bastante recentes e, embora exista um grande reconhecimento sobre este potencial, já se identificam enormes desafios para conciliar tal integração (RINDFUSS, 1998; WOOD & SKOLE, 1998).

O novo contexto de produção de resultados requer a adoção de ambientes modernos de desenvolvimento. A capacidade de comportar diferentes tipos de dados, vindos de várias áreas do conhecimento e permitindo diferentes tipos de combinação, coloca o SIG, do ponto de vista abrangente, como um poderoso instrumento no auxílio para o processamento de eventos com dinâmica complexa. O SIG, quando bem empregado, auxilia em: realizar inventários, diagnosticar problemas, estabelecer critérios, simular cenários, traçar estratégias de intervenções, etc. Além disso, os dados geográficos podem ser mais bem organizados e armazenados neste ambiente, facilitando assim a geração, a revisão e recuperação de mapas de forma rápida e eficiente.

1.1 - Objetivos

Procurando detalhar as metas deste trabalho, os itens seguintes descrevem, com maior clareza, os objetivos da presente investigação.

1.1.1 - Objetivo Geral

O objetivo geral desta tese é o de estabelecer mecanismos de integração dos indicadores IDH e ITA, e que possibilitem observar os fenômenos sob os recortes dos limites municipais em uma visão sócio-ambiental. Estas unidades materializam-se em uma matriz, onde cada instância é representada por um conjunto de variáveis de valores correspondentes aos dados textuais do meio social e natural e, por um e somente um polígono que define o limite destas variáveis.

1.1.2 - Objetivos Específicos

Em decorrência do foco principal desta tese, tem-se, ainda, como objetivos específicos os seguintes itens abaixo relacionados:

- Caracterizar a cobertura e uso da terra da área de estudo, utilizando recursos materiais disponíveis e de fácil acesso em instituições públicas que permita o monitoramento sistemático sincronizado com o levantamento censitário;
- Definir critérios técnico-metodológicos para o estabelecimento e aplicação do ITA para todo território nacional, utilizando recortes diferenciados como, por exemplo, a bacia hidrográfica;
- Disponibilizar uma estrutura de Banco de Dados que permita expandir a aplicação da metodologia para todo território nacional.

Neste sentido, a relevância desta investigação encontra-se consubstanciada no fato de se buscar um meio de integrar indicadores de diferentes origens, considerando o meio social e o meio natural, em limites operacionais político-administrativos, no sentido de fornecer dados e informações em diferentes ambientes de tecnologias da informação.

Outro aspecto que serve para consubstanciar esta pesquisa é o grau de significância que tem este espaço geográfico no contexto estratégico do planejamento urbano-regional da zona oeste do Município do Rio de Janeiro. Este fato ratifica a relevância em se buscar novos mecanismos, visando levantar informações sistematizadas para subsidiar a manutenção de uma Base de Dados georreferenciados com o propósito de atender projetos voltados para o acompanhamento, a avaliação e o controle de impactos ambientais, qualquer que seja o recorte espacial.

1.2 - Estrutura e Conteúdo dos Capítulos

Este primeiro capítulo consistiu na definição do problema a ser abordado, apresentando a importância do tema, a relevância do estudo e os objetivos a serem alcançados.

O segundo capítulo versa sobre a fundamentação conceitual, considerando as três vertentes básicas constantes do trabalho, ou seja, os conceitos de cunho geográfico, os de cunho sistêmico e os inerentes aos índices constantes da pesquisa.

O terceiro capítulo versa sobre a fundamentação tecnológica associada ao ferramental de captura, armazenamento, tratamento e disponibilização de dados geográficos.

O quarto capítulo estabelece o roteiro metodológico a ser utilizado, associando os métodos e as técnicas utilizadas.

O quinto capítulo apresenta os limites e as características da área onde é aplicada a metodologia proposta.

No sexto capítulo executa-se a metodologia proposta em busca dos objetivos. Destacam-se, neste capítulo, a criação da Base de Dados, a elaboração do mapeamento temático e a integração dos referidos índices.

[O sétimo capítulo trata dos resultados alcançados e das considerações finais.]

Por fim, consta uma relação bibliográfica dos principais compêndios citados na presente investigação científica.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL

Este capítulo apresenta os conceitos relacionados ao foco desta tese, sua importância e os diferentes enfoques com que é tratada a temática homem-natureza. Neste sentido, procura-se caracterizar os sistemas ambientais, o desenvolvimento sustentável e os aspectos que envolvem a temática de cobertura e uso da terra. A seguir, discute-se os conceitos e as propriedades de indicadores, também são apresentadas as considerações metodológicas dos indicadores empregados – IDH e ITA. Finalmente, discute-se, ainda, as perspectivas relativas aos limites dos eventos envolvidos.

2.1 - Sistemas Ambientais

Nos estudos ambientais, a tendência mais recente é a de se analisar o meio ambiente a partir da própria proposição de sistemas, acrescentando-se, a este, os elementos da ciência geográfica, tais como: o espaço e a paisagem. Desta forma, um sistema ambiental pode ser caracterizado, num espaço geográfico, como a expressão da paisagem de um conjunto de elementos e fatores que o compõem, incluindo-se, além dos elementos físicos, biológicos e sócio-econômicos, os fatores políticos e institucionais. No entanto, pode-se encontrar, ainda, várias acepções para os estudos ambientais. Alguns autores dividem sistemas ambientais em dois subsistemas, a saber: os geobiofísicos e os antrópicos ou sócio-econômicos, separando, assim, o meio físico do meio social. Outros adotam três subsistemas: o físico, o biótico e o antrópico. Troppmair (1995) considera ainda os sistemas urbanos e os agroecossistemas, dividindo, desta forma, o subsistema antrópico.

Dentre as várias definições existentes, a proposta de conceituação apresentada pela Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE se insere com muita propriedade no contexto atual. Em SAE (1991), os sistemas ambientais estão definidos como “espaços homogêneos analisados e avaliados em seus componentes físicos, bióticos e em suas variáveis sócio-econômicas como participantes de sistemas de relações interdependentes e indissociáveis”.

Física

Por outro lado, Christofolletti (1999) afirma que o estudo dos sistemas ambientais físicos é o objetivo fundamental da Geografia, pois ele irá fornecer conhecimento numa perspectiva horizontal, subsidiando o planejamento para uso e recuperação do espaço geográfico. Neste estudo, observa-se ainda uma evolução do conceito de geossistema para sistema ambiental físico e, posteriormente, para sistemas ambientais (TROPMAIR, 1995).

2.2 - Desenvolvimento Sustentável

A década de 70 foi extremamente positiva no que diz respeito aos debates sobre riscos de degradação ambiental e, por conseqüência, enfatizou as premissas básicas do que vem a ser o desenvolvimento sustentável. Dois grandes eventos marcaram a consolidação dos debates que já vinham ocorrendo nesta década: a publicação do estudo "Limites do Crescimento" pelo grupo de Roma e a conferência de Estocolmo sobre ambiente humano (MEADOWS *et al.*, 1972).

Embora as bases conceituais já viessem sendo estabelecidas, foi o Relatório de Brundtland, como é conhecido o documento "Nosso Futuro Comum", elaborado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CCMAD, que tentou consolidar o conceito: de Desenvolvimento Sustentável como sendo "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades" (CCMAD, 1991). Além de conceituar, este trabalho traça um perfil da situação ambiental mundial e coloca o estado como o principal articulador e responsável desta política. Nele, também, aparece um conjunto de propostas para serem adotadas na política ambiental.

Neste contexto, pode-se constatar que a proposta de desenvolvimento sustentável não se resume em uma integração harmoniosa entre políticas de desenvolvimento e a sustentabilidade dos ambientes naturais, como pressupõe o conceito. Ela propõe também que seja um mecanismo do estado para a regulamentação do uso do território, o que fica muito evidenciado no relatório Brundtland, onde consta: "este é um mecanismo para persuadir ou fazer as pessoas agirem no interesse comum" (CCMAD, 1991), configurando-se, portanto, como um instrumento político-administrativo do estado.

No Brasil, após a conferência de Estocolmo, ampliou-se o debate sobre o meio ambiente, cumprindo ao estado estabelecer as principais diretrizes da política ambiental através da criação de órgãos e leis para sua regulamentação. Entre os principais órgãos destacam-se:

- A criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente - SEMA, pelo decreto 73.030 de 30 de outubro de 1973, tendo como objetivos: examinar as implicações do desenvolvimento nacional e do progresso sobre o meio ambiente, assessorar outras entidades envolvidas na conservação ambiental, e elaborar e velar por normas e padrões de preservação do ambiente;
- A criação do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, integrado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e por órgãos executivos federais e estaduais, através da Lei 6.938 em 1981, tendo por finalidade assessorar, estudar e propor diretrizes de políticas governamentais para a gestão ambiental;
- A criação do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, que incorporou a SEMA e outras agências federais, tendo amplas responsabilidades na condução da política ambiental, sobretudo na questão do desmatamento.

Um estudo detalhado sobre a evolução da política ambiental no Brasil pode ser visto no relatório "O Desafio do Desenvolvimento Sustentável", preparado pela Comissão Interministerial para preparação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - CIMA, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (CIMA, 1991).

Este cenário configurou as bases para a criação de modelos com a finalidade de subsidiar o desenvolvimento sustentável. O consenso internacional sobre a necessidade de mudança do modelo de desenvolvimento, sobretudo nas questões de desmatamento de florestas tropicais e queima de combustíveis fósseis no hemisfério norte, exerceu influência direta no governo brasileiro, na criação do Programa de Ordenamento Territorial, em 1989. Este programa tem como instrumento técnico-científico o Zoneamento Ecológico Econômico - ZEE. Segundo este, a ordenação do território é:

“A expressão espacial de políticas econômicas, sociais, culturais e ecológicas, que tenham como objetivo reduzir diferenças regionais, através de uma melhor distribuição das atividades produtivas e de proteção ao meio ambiente, visando proporcionar à sociedade uma melhor qualidade de vida respeitando valores culturais e interesses das comunidades.” (...) “Assim entendida, a ordenação assume características de uma atividade que envolve aspectos científicos técnico-administrativos e políticos, na qual é fundamental a adoção de postura interdisciplinar, de visão participativa da sociedade e de seus representantes políticos ...” (SAE, 1991).

Em 1990, o decreto Lei 99.540 cria a Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico Econômico do Território Nacional sob coordenação da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República - SAE/PR, sendo composta por representantes dos Ministérios e Secretarias de governo.

Em um primeiro momento, os Zoneamentos Ecológico-Econômicos - ZEEs são de fundamental importância quando se quer obter um retrato detalhado de uma determinada região em um determinado tempo. No entanto, tendo em vista a complexidade de execução e os custos envolvidos, não é comum a utilização dos ZEEs como ferramenta de acompanhamento de mudanças na superfície da Terra.

2.3 - Cobertura e Uso da Terra

Embora o significado do termo “Cobertura e Uso da Terra” e suas derivações venham sendo utilizados nos mais diferentes campos de estudo e na vida prática, o que leva a uma vulgaridade do termo, ressalta-se aqui a necessidade de caracterização do seu significado no âmbito da visão geográfica. Segundo Santos (1992), espaço geográfico é entendido “como resultado das formas como os homens organizam sua vida e suas formas de produção”. Nesta perspectiva, a Geografia entende a relação sociedade-natureza sob a ótica de apropriação, cabendo à natureza o papel de fornecer recursos à produção. Considerando esta abordagem, o “espaço geográfico” é o lugar onde se avalia o tema cobertura e uso da terra e sua espacialização é feita a partir da observação da paisagem.

Inúmeras são as tentativas de entender os termos que envolvem este tema. No entanto, as dúvidas mais frequentes entre os estudiosos precedem a própria conceituação de cobertura e de uso da terra. O que caracteriza a análise da cobertura e do uso da terra? Como tratar a dimensão temporal e as variáveis envolvidas? Qual o nível de

apreensão em cada patamar da dimensão espacial? Paralelamente às questões principais, surgem, também com frequência, algumas ligadas à abordagem de paisagem. Como caracterizar paisagem? O que deve ser observado na paisagem?

A FAO (1976) define terra como “segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas da atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado da atividade do homem”.

Usualmente, caracteriza-se paisagem como a extensão do território que se abrange num olhar. Nesta visão simplória, a paisagem que se observa num determinado instante é um simples amontoado de elementos geográficos ordenados. De uma forma mais abrangente, a paisagem observada é o resultado de interações dinâmicas em constante mutação dos elementos físicos, biológicos e humanos, reagindo entre si.

Os conceitos mais atuais de paisagem defendidos por estudiosos definem esta como “expressão do produto de interação espacial e temporal do indivíduo com o meio” (UICN, 1984).

As interações que ocorrem na paisagem manifestam-se no que há de objetivo e homogêneo formando unidades de observação. Uma unidade de paisagem é o resultado da delimitação de uma porção do espaço, apresentando características próprias, se comparada com as áreas vizinhas. Ao observarmos a paisagem, o que vislumbramos é o que chamamos de “cobertura”. Para fins de levantamento considera-se cobertura tudo aquilo que reveste a terra, seja este revestimento natural ou não.

Entende-se por cobertura natural as paisagens onde a interação do homem não provoca transformações visíveis ou causa desequilíbrio do ambiente, ou seja, é a paisagem onde predominam os aspectos originais da natureza. Em uma área de cobertura vegetal natural, a única atividade produtiva (uso) que se aceita é a coleta de frutos e sementes, qualquer outra atividade diferente já causa um impacto na sua preservação.

Diz-se que a cobertura é humanizada ou antropizada quando a intervenção humana transformou os aspectos primitivos da paisagem original. Em uma área humanizada ou antropizada cabe desde agricultura de subsistência até monoculturas

empresariais. Além das atividades agrícolas, cabem atividades industriais, urbanas, de mineração, entre outras.

Quando se questiona o aproveitamento de algum recurso ou atividade desenvolvida na unidade de cobertura, está se falando do uso.

A discretização das variações numa cobertura origina as tipologias de paisagens.

Na paisagem natural tem-se:

- Áreas de vegetação natural como: florestas, campos, etc.;
- Terrenos naturalmente descobertos: as áreas de deserto, dunas, rocha nua, etc.;
- Corpos d'água: oceanos, rios e lagos naturais.

Na paisagem antropizada, tem-se:

- Áreas construídas: cidades, vilas, complexos industriais, lagos artificiais, etc.;
- Áreas cultivadas: pastagens plantadas, agricultura;
- Áreas removidas: áreas de mineração, etc.

A análise mais detalhada da cobertura vai informar o nível de modificação, ou seja, o nível de impactação no ambiente natural. Se não há interferência, a cobertura é natural e não existe impactação. Se há interferência, a cobertura é humanizada ou antropizada e é possível classificar seus diversos níveis (IBGE, 1999).

2.4 - Indicadores

A necessidade de se entender e acompanhar eventos complexos de qualquer natureza tem levado pesquisadores a buscar ferramentas que sintetizem, a uma fração ou a termos menores, um conjunto de fenômenos que não são facilmente detectáveis quando fragmentados. Os indicadores têm como principal objetivo sintetizar, em um único valor, um conjunto de informações de uma mesma natureza. Devem, portanto, permitir a percepção de fenômenos complexos por públicos diversos (ISB, 1997).

A definição de indicadores e o emprego do seu conceito não são tarefas simples. Assim, diversos autores, de diferentes áreas, definem indicadores das mais variadas formas. Para Jannuzzi (2001), um indicador social é:

“uma medida em geral quantitativa dotada de significado social substantivo, usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito social abstrato de interesse teórico (para pesquisa acadêmica) ou pragmático (para formulação de políticas). É um recurso metodológico empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão se processando na mesma”.

Nas ciências ambientais, um indicador pode ser um organismo vivo, uma comunidade biológica ou um parâmetro que fornece uma indicação das condições ambientais de certa área ou um ecossistema (MOREIRA, 1992). Alguns indicadores estão associados a uma escala numérica ou quantitativa, outros só podem ser classificados em escala qualitativa (por exemplo, muito bom, bom, ruim). No caso de indicadores ambientais, estes são empregados para se obter uma visão da qualidade ambiental e dos recursos disponíveis para identificar potencialidades e vetores de desenvolvimento e para definir critérios de intervenção rumo a um desenvolvimento sustentável. O valor de um indicador ambiental encontra-se diretamente relacionado à sua capacidade de descrever e acompanhar a magnitude da transformação imposta pelo homem sobre os ecossistemas. Um indicador ambiental deve possuir características de natureza geográfica tais como: cobertura espacial, nível de detalhe e frequência temporal sincronizada com aspectos da natureza. Os limites dos biomas representam um bom aspecto quando se necessita discretizar a natureza, uma vez que estes apresentam uma fina sintonia entre os aspectos bióticos e físicos. Além disso, dois fatores são fundamentais para que um indicador adquira um grau maior de relevância e abrangência: o aprimoramento contínuo na capacidade de descrever a magnitude de transformação da natureza de forma sintética e o aumento de sua utilização e aceitação pela comunidade.

2.4.1 - Requisitos Necessários

Do ponto de vista prático, os indicadores devem possuir certos requerimentos básicos de forma a garantir seu emprego, e alguns requisitos podem estar amarrados a uma aplicação particular. No entanto, ainda assim, devem apresentar um conjunto mínimo de propriedades que não limitem a sua utilização fora do âmbito onde foi criado. Um consenso entre países membros da *Organization for Economic Co-*

operation and Development - OECD indica um conjunto mínimo de requisitos comuns a serem adotados por todos os participantes ao construírem indicadores (OECD, 2003):

- Os valores dos indicadores devem ser facilmente mesuráveis ou observados;
- Os dados devem estar disponíveis ou ser obtidos através de dispositivos de monitoramento contínuo;
- A metodologia adotada para processar os dados e construir indicadores deve ser clara, transparente e padronizada;
- Os meios para construir e acompanhar indicadores devem estar disponíveis;
- A construção de indicadores deve ter custos reduzidos que permita sua execução em períodos regulares;
- A construção de indicadores deve possuir escalas apropriadas (local, regional, nacional, global) às necessidades dos tomadores de decisão;
- A participação, o suporte e o uso do indicador por toda sociedade devem ser sempre buscados;
- Os mecanismos de validação devem existir no sentido de se avaliar sua confiabilidade.

2.4.2 - Funcionalidades dos Indicadores

Basicamente, os indicadores são construídos com a função de promover o conhecimento e dar suporte aos tomadores de decisão para que estes promovam ações de melhoras ou adequação de situações em diferentes níveis. Os indicadores são particularmente aplicáveis para os níveis regional, nacional e global, como o IDH, o de renda per capita por países, a taxa de mortalidade infantil, etc. Para Gallopín (1997), as funcionalidades básicas de um indicador podem ser organizadas em três níveis:

1. Determinar as condições e as transformações do ambiente no processo de desenvolvimento em relação à sociedade;
2. Promover diagnóstico, detectar problemas existentes, suas causas e os efeitos, com objetivo de elaborar ações corretivas e persuadir atores em suas decisões;

3. Promover prognóstico de crescimento ou de impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente, no sentido de traçar conjeturas e estratégias de acompanhamento.

2.4.3 - Características dos Indicadores

Quanto à valoração dos dados, em princípio, um indicador pode se apresentar tanto na forma de uma variável qualitativa nominal (muito bom, bom, ruim), ou em uma variável ordinal que indica uma posição ou ordem (I, II, III), ou ainda, como uma variável quantitativa (10, 11, 120). Entretanto, a principal função de um indicador é passar a idéia de quantidade, direta ou indiretamente. Em geral, os indicadores qualitativos e ordinais são empregados considerando as seguintes condicionantes: quando a natureza da observação não requer valores precisos; quando valores quantitativos não estão disponíveis; quando a informação de interesse é inerentemente não quantitativa; ou ainda, quando os custos para se obter valores quantitativos são fatores determinantes no processo de construção. No entanto, indicadores qualitativos e ordinais devem permitir sua tradução para variáveis pseudo-quantitativas, com o objetivo de tornar transparente esta qualidade. Como exemplo, o IDH pode ser representado na forma qualitativa; “muito bom”, “bom” e “ruim”, onde o código: “muito bom” pode ser traduzido para “entre 0 e 0.45”; o “bom” para “entre 0.45 e 0.80” e o “ruim” para “maior que 0.80”.

Existem, ainda, casos em que indicadores aparentemente quantitativos que indicam na verdade uma qualidade como no caso de indicadores de espécies (quantidade de pássaros por hectare e quantidade de palmeiras por hectare), muito utilizados na ecologia como indicativo da sustentabilidade do ambiente.

Quanto ao nível de percepção e abrangência, os indicadores encontram-se diretamente associados ao nível de levantamento dos dados e à visão que se quer obter sobre estes. A flexibilidade de agregação hierárquica do nível mais baixo, como exemplo o setor censitário, para o nível mais alto (município, estado, região ou país) e a contigüidade/abrangência da cobertura espacial disponível são fatores determinantes no desenvolvimento de indicadores. Todos os dados utilizados na construção de um indicador devem estar em níveis equivalentes. Agregações entre níveis nem sempre são possíveis e, quando isto ocorre e não ficam transparentes as hierarquias existentes, ainda

assim, podem mascarar resultados. Um dado coletado para atender uma determinada escala, por exemplo, a de “setor censitário”, sofre as abstrações pertinentes a esta escala. Este dado, quando agregado para atender a uma outra escala, como a municipal, pode não ser compatível com outras variáveis, já considerando este nível de detalhe. A escala de construção de um indicador também está associada ao assunto do qual este retrata. Diferentes tipos de indicadores podem ter importância diferenciada dependendo do nível de observação.

Quanto à categoria, os indicadores podem ser encontrados em todos os ramos das ciências. Considerando as ciências sociais e ambientais na visão holística do desenvolvimento sustentável, os indicadores sempre são construídos e organizados em categorias, tendo por base a agenda 21 ou relatório de Brundtland como é mundialmente conhecido (CCMAD, 1991). Bryld (1997) compilou uma lista abrangente de indicadores focados na busca do desenvolvimento sustentável. Esta lista encontra-se organizada de acordo com as mais tradicionais categorias: indicadores éticos e normativos; indicadores psicológicos; indicadores de qualificação; indicadores de qualificação; indicadores organizacionais; indicadores de condição de vida; indicadores de bem-estar social; indicadores de recursos materiais; indicadores financeiros e econômicos; e indicadores ambientais.

2.5 - Considerações Metodológicas sobre os Indicadores Empregados

Até bem pouco tempo era uma prática comum de se avaliar o bem estar da população e, conseqüentemente de classificar países ou regiões, pelo tamanho de seu PIB per capita. Com o passar do tempo ficou claro que o progresso humano e a evolução das condições de vida das pessoas não podem ser medidos considerando somente a dimensão econômica. Não é recente a busca de contemplar outras dimensões fundamentais ao bem estar dos indivíduos e à condição humana. A partir da segunda guerra mundial, o bem estar social e o desenvolvimento humano passam a ser foco de observação e acompanhamento, o que demandou a construção de novas ferramentas para contemplar a nova ordem.

2.5.1 - O Índice de Desenvolvimento Humano

O Índice de Desenvolvimento Humano – IDH foi criado pela ONU por volta de 1947, dentro do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, com o propósito de medir o desenvolvimento humano dos países no pós-guerra. O IDH concebido incorpora três dimensões envolvidas na identificação do bem-estar do ser humano: vida longa e saudável; acesso ao conhecimento e padrão de vida digno.

A metodologia de cálculo do IDH, que permite a combinação em um único índice, envolve a transformação destas três dimensões em índices ponderados de:

- longevidade, medida pela esperança de vida ao nascer;
- educação, medida pela combinação da alfabetização adulta (ponderado em 2/3), com a taxa de escolaridade combinada do ensino básico, médio e superior (ponderado em 1/3); e
- renda, medido pelo PIB real per capita (dólares PPC).

A fórmula geral que permite a construção e a combinação dos índices envolvidos é dada pela seguinte equação:

$$\text{Índice} = \frac{\text{Valor Observado} - \text{Valor Mínimo}}{\text{Valor Máximo} - \text{Valor Mínimo}}$$

Os valores dos índices calculados se situam entre zero(0) e um (1) onde, zero(0) significa a pior situação e um(1) a melhor.

Para se chegar ao IDH, calcula-se a média do somatório dos três índices envolvidos. Seguindo a mesma escala dos outros, quanto mais próximo de 1 o valor deste indicador, maior será o nível de desenvolvimento humano no recorte calculado.

Para efeito de comparação e análise, o PNUD estabelece três níveis de qualidade para o desenvolvimento humano:

- Baixo, para IDH com valores situados entre 0 e 0,5;
- Médio para IDH com valores situados entre 0,5 e 0,8 e
- Alto para IDH com valores situados entre 0,8 e 1.

Em 1990, o PNUD apresentou o primeiro relatório sobre o desenvolvimento humano no âmbito mundial, com a finalidade de medir este parâmetro e o progresso das

nações, consolidando o uso do indicador IDH. Esse fato representou um marco (...) por incorporar a dimensão humana na avaliação do desenvolvimento, contrapondo a visão meramente econômica até então empregada. Desde então, o IDH vem sendo adotado em muitos outros estudos. Em 1996, o PNUD, juntamente com IPEA, publicou o primeiro relatório sobre o desenvolvimento humano no Brasil, desagregando o IDH por grandes regiões e estados, o que apresentava um retrato mais detalhado do Brasil.

Ainda em 1996, a Fundação João Pinheiro – FJP se juntou com o IPEA na adaptação da metodologia do IDH para desagregá-lo a unidades político-administrativas menores, sendo criado, assim, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M (IPEA, 2003). As mudanças mais significativas ocorreram nos indicadores de renda e educação para adequar a mensuração da condição de vida da população residente efetivamente no município.

No primeiro caso, ocorre que, com frequência, parte expressiva de renda de um município serve para alimentar fatores de produção pertencentes a indivíduos de outro município. Neste caso, tentando ser mais fiel na caracterização do potencial de consumo da população local, substituiu-se o PIB per capita pela renda familiar per capita média do município. No que diz respeito à educação, o índice utilizado para o IDH considera a ponderação entre a taxa de alfabetização da população adulta e as taxas de matrículas no ensino básico, médio e superior. Notadamente no caso do ensino superior, o uso desta variável pode trazer distorções significativas a nível municipal, uma vez que é comum o deslocamento de pessoas em busca de especialidades somente disponíveis nos grandes centros educacionais. Neste caso, considerando que o número de matriculados não possui representatividade para avaliar a educação da população local, substituiu-se a conjunto de variáveis relativos a matrícula pelo número médio de anos de estudo da população adulta (25 anos e mais).

Resumindo, o IDH-M é o resultado da combinação de três índices:

- Longevidade, medida pela esperança de vida ao nascer;
- Educação, medida pela combinação ponderada da taxa de analfabetismos da população adulta de 15 anos e mais, com peso de 2/3, e do número médio de anos de estudos da população de 25 anos e mais, com peso de 1/3;
- Renda, medida pela renda familiar per capita média ajustada (RFPC), expressa em salários mínimos tendo por base o valor de setembro de 1991.

2.5.2 - O Índice de Transformação Antrópica

Construído a partir das classes do tema cobertura e uso da terra, o ITA, proposto por Lémechev (1962; cit por Mateo, 1991), tem o propósito de contribuir significativamente no entendimento da dinâmica e na evolução das transformações sobre a Terra. A sua construção considera, para cada limite de interesse, três variáveis: a área de cada classe de cobertura e uso da Terra; o nível de impacto causado pela classe; e a magnitude ou o poder da transformação desta classe. O ITA é calculado utilizando-se a fórmula:

$$K_{na} = 1/100 \sum_{i=1}^n (r_i P_i q_i)$$

Onde:

- **K_{na}** - é o Índice de Transformação Antrópica de uma classe de mapeamento na unidade de observação (bioma, bacia de drenagem, limite político);
- **r** - é o nível de transformação antrópica da paisagem para um determinado tipo "i" de cobertura e uso da terra;
- **P** - é a área em percentual de cada instância (ocorrência) da classe de mapeamento na unidade de observação; *não deve ser; ou entre a fórmula acima é errada*
- **q** - potencialidade de transformação da paisagem da classe de cobertura e uso trabalhada;
- **n** - quantidades máximas de tipos cobertura e uso da terra. *→ K_{na}*

O coeficiente das Transformações Antrópicas oscila entre os valores zero (0) e dez (10), quando os valores dos parâmetros utilizados também obedecer ^{este} a este intervalo. Desta forma, pode-se qualificar o nível de transformação da área, considerando os seguintes intervalos:

- Baixo (entre 0 e 5) - quando na superfície analisada predomina tipos de cobertura e uso da Terra que não produzem alterações significativas ao funcionamento do ecossistema. *↓ R x q*

- Médio (entre 5 e 10) - quando na superfície analisada atividades antrópicas produzem alterações consideráveis e intensificam os processos naturais que alteram a qualidade ambiental. São necessárias algumas medidas de controle destas atividades.
- Alto (entre 10 e 15) - quando na superfície analisada predomina tipos de atividades antrópicas, comprometendo drasticamente o funcionamento do ecossistema. São necessárias medidas restritivas e corretivas que revertam os processos negativos.

alg

Vale ressaltar que não existem valores pré-definidos para o nível de impacto e magnitude da transformação e, conseqüentemente, para o intervalo de valores do ITA. Os trabalhos até aqui realizados basearam-se em sistemas desenvolvidos em outros países e nas proposições de especialistas envolvidos no assunto.

Além disso, independentemente da complexidade do tema, o simples fato de não existir, no Brasil, um sistema padrão de classificação estabelecido para o tema que possa balizar o levantamento, a exemplo dos manuais existente para outras áreas já consolidadas, como Geologia, Vegetação e Pedologia, impossibilita uma definição mais perene de tipologias e dos parâmetros necessários na construção do ITA ou de qualquer outro indicador.

—> Mateo (1991) propõe os seguintes parâmetros por classe de cobertura e uso da terra, Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros para construção do ITA

Uso da Terra	r	q
Reservas Naturais	1	1
Florestas	2	1,05
Paisagens Pantanosas	3	1,1
Plantações Arbóreas	4	1,15
Pastagens	5	1,2
Cultivos Agrícolas	6	1,25
Construções Agrícolas	7	1,3
Construções Urbanas	8	1,35
Reservatórios e Canais	9	1,4
Áreas Industriais	10	1,5

De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (IBGE, 1999), as atividades apresentam um nível diferenciado de degradação do meio ambiente e, segundo o nível de manejo de cada uma, variam da mais impactante para a menos impactante, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Níveis de impactação do uso da terra

Uso da Terra	q
Mineração	1
Área urbana	2
Agricultura modernizada	3
Pecuária intensiva	4
Agropecuária	5
Agricultura de transição	6
Pecuária Semi-intensiva	7
Extrativismo vegetal c/extração de madeira	8
Reflorestamento	9
Agricultura tradicional	10
Pecuária extensiva	12
Extrativismo mineral	13
Extrativismo vegetal (coleta de frutos e sementes)	14
Florestamento	15

não seria q?
e os valores de q

Independentemente das deficiências encontradas no Brasil, em geral, os sistemas de classificação desenvolvidos com vistas à padronização de mapeamentos temáticos de cobertura e uso da terra são estruturados de forma hierárquica: do nível mais geral para o mais detalhado (CEC, 1993; ANDERSON *et al.*, 1979). Uma análise dessa estrutura mostra que os níveis mais genéricos contemplam classes associadas à cobertura da terra e, à medida que se aumenta o detalhamento, as classes priorizam a descrição do uso da terra. Além disto, percebe-se, ainda, que as classes de cobertura descrevem aspectos associados à paisagem (natural ou antrópica), enquanto que as classes de uso descrevem atividades (econômicas, lazer, subsistência) desenvolvidas pelo homem. Desta forma, pode-se concluir que as classes de cobertura são mais estáveis e mais abrangentes, permitindo mais facilmente comparações entre limites em meso e macro escalas. Por outro lado, as classes de uso são mais dinâmicas e menos abrangentes, ou seja, possuem mudanças significativas de um local para outro, dificultando comparações entre limites em qualquer escala.

Transportando esta análise para a fórmula que permite calcular o ITA, pode-se correlacionar as classes de cobertura com o parâmetro nível de transformação - r e as classes de uso ao parâmetro de potencialidade de transformação da paisagem - q . A adoção desta prática permite que se tenha um conjunto de valores fixos para r em qualquer parte do país e um conjunto de valores para q que pode variar em função do local e do contexto ambiental. Com isto, as variações de uso entre áreas distintas ficam diluídas no cálculo do ITA, o que lhe garante o poder de interpretação entre regiões aparentemente distintas.

O enfoque apresentado acima sugere uma revisão no tratamento do tema, ou seja, da observação integrada da cobertura e uso para a observação da paisagem que identifica a cobertura e do levantamento das atividades que determinam o uso ou os usos na unidade de paisagem observada.

2.6 - Abordagem dos Limites Sócio-econômico e Natural

A abordagem de limites dos eventos encontra-se associada diretamente à natureza deste trabalho. Nos eventos sociais, os limites de apreensão do dado são fortemente influenciados pela organização política do estado e pela capacidade operacional do levantamento. Nos eventos da natureza, os limites utilizados usualmente estão associados a áreas naturais de interesse da geografia. Observa-se ainda que as capacidades operacional, ferramental e material também impõem restrições aos levantamentos da natureza.

2.6.1 - A delimitação de Eventos Sócio-econômicos

Na delimitação de eventos sócio-econômicos, são utilizados, normalmente, limites politicamente estabelecidos, como estado, município e distrito ou agregações destes, denominados de mesorregião e microrregião geográficas. Como a mesorregião geográfica passou a denominar-se uma área individualizada, em uma Unidade da Federação, que apresentasse formas do espaço geográfico definidas pelas seguintes dimensões: o processo social, como determinante; o quadro natural, como condicionante; a rede de comunicação e de lugares, como elemento de articulação espacial. Já as microrregiões geográficas, consideradas como parte das mesorregiões,

foram definidas por suas especificidades quanto à estrutura das produções agropecuária, industrial, extrativa mineral e pesqueira. Para a compreensão das especificidades da estrutura produtiva, utilizaram-se, também, informações sobre o quadro natural e sobre relações sociais e econômicas particulares, compondo a vida de relações locais (IBGE, 1990).

Usualmente, os dados oriundos de pesquisas sócio-econômicas são levantados em campo, por meio de questionários e, normalmente, obedecem a um recorte definido por critérios políticos e/ou operacionais. Este recorte define o nível de observação, onde cada variável levantada possui o somatório dos valores unitários, quando o levantamento considera todo o universo existente, ou um valor que é o resultado da expansão por métodos estatísticos, quando o levantamento considera percentuais representativos deste universo.

Estudos envolvendo pesquisas sócio-econômicas só podem ser organizados utilizando o nível de levantamento ou a agregação destes. Desta forma, o sentimento de escala da apresentação dos resultados encontra-se condicionada, empiricamente, à possibilidade de agregação dos dados.

2.6.2 - A Delimitação de Eventos Naturais

Os limites dos fenômenos naturais não são estabelecidos por vontade política, eles são discretizados a partir da caracterização de áreas homogêneas, segundo padrões estabelecidos para o tema a ser trabalhado e critérios metodológicos operacionais, em função dos objetivos do projeto. Estas unidades podem ser determinadas pelas propriedades dinâmicas dos sistemas ambientais e ecossistemas nos quais estão inseridas, considerando as interações e processos de caráter físicos, bióticos e intervenções direta ou indireta do homem.

Tomando por base estes princípios, pode-se observar, em uma visão macro, que o mosaico que forma a paisagem encontra correspondência direta com os diferentes Biomas conhecidos. Em uma visão mais acurada, outros limites naturais impõem fatores determinantes à delimitação de suas áreas. No entanto, na prática, uma unidade ambiental é estruturada considerando os fatores planejamento e gestão. Nesta visão, não é rara a agregação ou a desagregação de unidades ambientais em unidades político-

administrativas, considerando a área de jurisdição da autoridade a quem competia gerir-la.

Atualmente, observa-se uma mudança significativa deste quadro com a preocupação no sentido de se usar o próprio limite natural como unidade de políticas públicas.

Segundo Lima (2003), existem dois axiomas relacionados à estratégia de uso dos recursos naturais no sentido de gerar bens sociais. O primeiro diz que “existe uma inter-relação delicada entre o uso da terra, o solo e a água. O que quer que aconteça a um, afetará os outros”. O segundo diz respeito às interações que ocorrem dentro dos limites de bacias hidrográficas para a qual “existe uma inter-relação entre as cabeceiras, a média bacia, a baixa bacia e o estuário”.

Para Coelho Netto (1994), alterações significativas na composição ambiental em certa porção da bacia de drenagem vão acarretar mudanças na sustentabilidade interna do sistema, propagando seus efeitos sobre todos os componentes deste, notadamente na qualidade e quantidade de águas. Dentro desta mesma abordagem, a Agência Nacional de Água - ANA também considera que a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de levantamento para o planejamento do desenvolvimento no sentido da conservação dos recursos Hídricos e, conseqüentemente, ambientais, tão necessários às demandas atuais e futuras (ANA, 2003).

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA:

FONTE E FERRAMENTA DE TRANSFORMAÇÃO DE DADOS

Embora não sejam recentes, os estudos ambientais foram realizados, durante muito tempo, de maneira analógica, utilizando-se de mapas e informações descritivas em formato textual que completavam o seu conteúdo. É importante considerar que a técnica de processar dados sobre a Terra utilizando mapas (geoprocessamento) não é uma invenção recente. Relatos de sua existência remontam aos tempos romanos, quando mapas eram usados em levantamento de produção agrícola para arrecadarem impostos e posicionar seus enormes contingentes de soldados (BURROUGH, 1987). Entretanto, a explosão de seu uso e desenvolvimento só se deu durante este século. Considerando as necessidades de cada época, estes estudos atendiam razoavelmente às demandas existentes. No entanto, os métodos utilizados traziam uma série de dificuldades para reutilização dos dados por projetos fora do âmbito de cada estudo.

Até a década de 60, todo tipo de informação espacial era desenhado em forma de mapa ou apresentado na forma de fotografia (BURROUGH, 1987). Em virtude do meio de armazenamento utilizado, ou seja, papel, as limitações para processar, atualizar e reutilizar os dados eram enormes, uma vez que:

- mapas em papel são estáticos, o que torna extremamente trabalhosa a associação dos objetos geográficos neles representados aos dados quantitativos coletados diretamente no campo;
- a representação de grandes áreas em detalhes ocasionava enorme volume de papel a ser trabalhado;
- a atualização de mapas em papel é um processo demorado, complicado e de custo elevado;
- em estudos que necessitava processar vários tipos de dados sobre a Terra, as camadas de dados (mapas) eram colocadas umas sobre as outras, produzindo-

se uma nova camada de informação, que dependia exclusivamente da capacidade do interpretador.

O crescimento desordenado com metodologias distintas, a complexidade de produção e disseminação e a falta de documentação eficiente estão entre os fatores que contribuem significativamente nas dificuldades de integração.

3.1 - Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é “a ciência e arte de se obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno através de análises de dados, adquiridos por um dispositivo que não está em contato com o objeto, área ou fenômeno que está sendo investigado” (LILLESAND & KIEFER, 1994).

Este conceito em si é muito amplo, de forma que se pode considerar o olho humano, os telescópios e os instrumentos que operam com energia acústica gravitacional (sonares, sismógrafos, gravímetros, etc.) como dispositivos de Sensoriamento Remoto. Por outro lado, outros autores, tentando delimitar o universo do conceito, consideram somente os instrumentos aerotransportados que operam através da detecção da energia eletromagnética como dispositivos de Sensoriamento Remoto (NOVO, 1992; SLATER, 1980). Neste caso, estão incluídos os sensores a bordo de balões, os aviões, os satélites e outros meios.

A origem do Sensoriamento Remoto também é um assunto bastante polêmico. Alguns autores associam o surgimento do SR ao da câmara fotográfica, por volta de 1822. Outros autores consideram a origem do SR ao surgimento do telescópio. No entanto, ao ser inventado, era somente um instrumento óptico, com a função de ampliar a visibilidade do observador, não possuindo qualquer mecanismo de registro do que foi observado. Mais restrito ainda é a opinião de alguns autores que consideram a origem do SR somente ao surgimento dos instrumentos aerotransportados.

Assim sendo, mesmo reconhecendo a enorme importância da discussão envolvendo tanto a conceituação quanto a origem do SR, São considerados, nesse trabalho, somente os sensores aerotransportados que medem e registram a energia eletromagnética. Os princípios de obtenção de imagens através de sensores são semelhantes em qualquer que seja o veículo que o transporta. Porém, o enfoque maior

será dado aos sensores a bordo de satélites por se constituírem no principal meio de obtenção de imagens na atualidade.

Considerando este universo, pode-se então definir Sistemas de Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, satélites, equipamentos para transmissão e ambiente computacional, com o objetivo de estudar o meio ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações (NOVO, 1992).

Os Sistemas de Sensoriamento Remoto e suas técnicas, descritas anteriormente, têm como objetivo aperfeiçoar, ampliar e diversificar a capacidade do homem em obter informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente terrestre. O resultado da varredura realizada sobre a superfície terrestre pode ser apresentado na forma de imagem.

O termo imagem, tomado de forma genérica, também é muito amplo, podendo significar qualquer material que possa ser visualizado, como, por exemplo, uma estátua, uma pintura, uma representação na TV, ou até mesmo um arquivo digital se contiver dados que possam ser mostrados visualmente na forma de imagem.

Segundo Curran (1985), em SR, "o termo imagem, refere-se ao armazenamento contínuo ou discreto de uma visão bidirecional". Uma imagem digital é representada por uma matriz. Cada coordenada espacial (x, y) desta matriz possui um valor resultante da intensidade de brilho dos alvos registrados naquele ponto, ou seja, um valor variando de 0 até K , onde K é a quantidade de níveis de cinza que o ponto pode assumir. Este valor é chamado de *Digital Number (DN)*, onde cada elemento que compõe a matriz é denominado de *pixel* e representa a menor área que pode ser acessada individualmente. O valor *DN* associado a cada *pixel* representa a média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes naquela área. A quantidade de detalhes representada em uma imagem digital é dada pelo tamanho da área coberta pelo *pixel*. Quanto menor esta área, maior é o potencial de detalhar os alvos. Em Crósta (1992), acha-se uma descrição detalhada do que vem a ser uma imagem digital.

As imagens de satélites armazenam informações sobre o alvo em diferentes camadas (bandas), criteriosamente preparadas a partir da resposta espectral, visando realçar características particulares dos objetos no terreno. A informação obtida dos

objetos e fenômenos é caracterizada em uma imagem em função das suas propriedades físicas e químicas. O dispositivo capaz de obter estas informações é chamado de sensores. Um sensor coleta a energia eletromagnética proveniente do objeto (alvo) e a converte em sinal passível de ser registrado e adequado à extração de informação. Os objetos encontrados na superfície terrestre, devido às características físicas e químicas de sua composição, comportam-se diferentemente em relação à energia emitida, refletida, transmitida ou absorvida, apresentando intensidade e comprimento de ondas distintas. Os sistemas sensores armazenam uma imagem de uma determinada área do terreno (cena) em matriz de dimensão fixa, obedecendo, normalmente, recortes determinados pela órbita do satélite e pela capacidade do sistema. Cada cena é composta por várias bandas, onde cada banda representa dados obtidos em um intervalo (faixa) do espectro eletromagnético (Figura 3), criteriosamente especificado para realçar características particulares dos objetos no terreno.

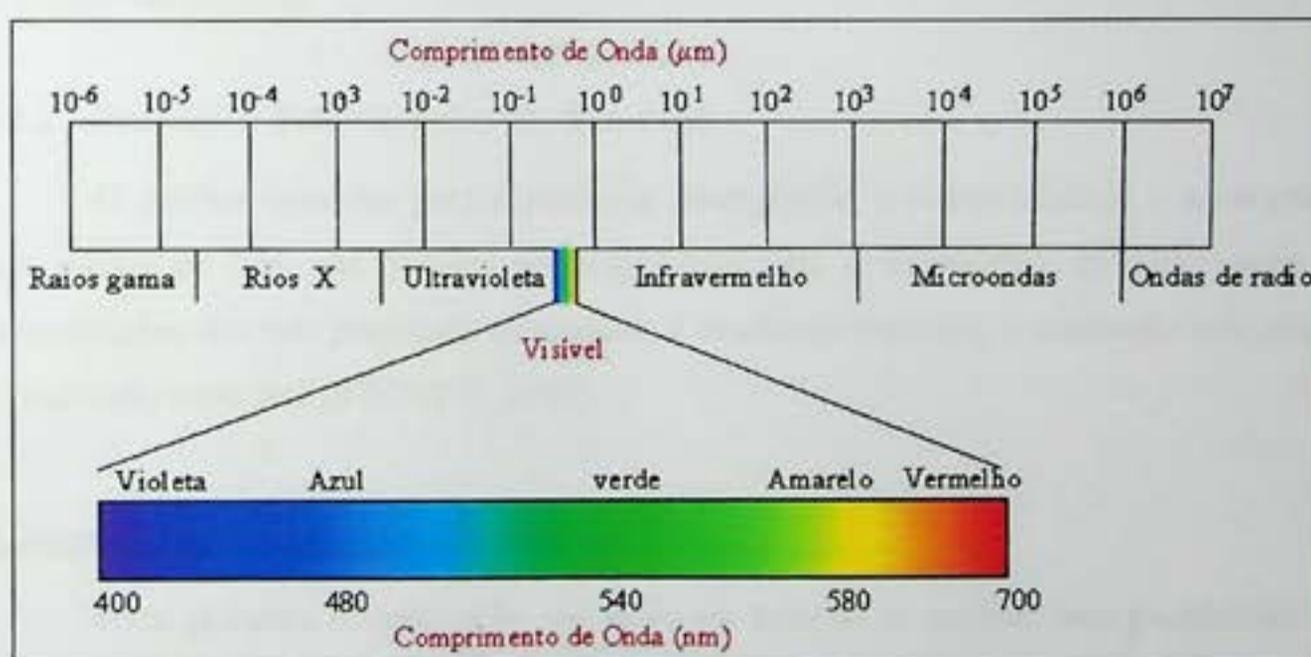


Figura 3: Espectro eletromagnético

Fonte: adaptado de (INPE, 2004)

Cada sensor apresenta propriedades básicas (altitude da plataforma, órbita, periodicidade, capacidade de varredura, quantidade e faixas de espectro eletromagnético exploradas, etc.) que são calibradas em função de seu objetivo. Estas características determinam a resolução da imagem obtida e a diferenciação entre os diversos sensores, e devem ser levadas em consideração quando do uso futuro da imagem, quer seja na fase de tratamento ou em suas diferentes aplicações.

Nos últimos 30 anos, um grande número de satélites comerciais e militares cobre a Terra para os mais variados fins, visando à geração de imagens. Vários são os programas existentes de nacionalidades distintas, tendo-se entre eles: o LANDSAT (USA), o SPOT (França), o RADARSAT (Canadá), o ALMAZ (Rússia) e IRS (Índia). Descrições mais detalhadas sobre alguns dos satélites existentes podem ser encontradas em Lillesand & Kiefer (1994) e Lusch (1999). Recentemente, uma parceria envolvendo a China e o Brasil, criou o programa CBERS para a construção de um satélite de recursos naturais com características semelhantes ao LANDSAT e SPOT. Este programa já colocou em órbita os satélites CBERS1 e CBERS2, sendo que o segundo encontra-se em plena atividade.

Uma completa descrição das propriedades dos sensores e seus fundamentos pode ser encontrada em Crósta (1992) e em Lillesand & Kiefer (1994). Porém, algumas destas propriedades serão discutidas aqui de forma resumida, dada a sua importância na descrição da imagem:

3.1.1 - Principais Propriedades dos Sensores

O melhor caminho para entender a abrangência, a potencialidade e a variedade dos dados de SR que podem ser disponibilizados é considerar na observação as propriedades das três principais dimensões: a resolução espacial, a resolução temporal e a resolução espectral (STONEY, 1997).

A Dimensão da Resolução Espacial

Uma primeira consideração que deve ser feita ao se analisar uma problemática é identificar qual a dimensão do menor objeto e a menor distância entre estes, que deve ser claramente mostrado no "mapa final" ou diagrama. Este conceito determina a resolução que atende à solução do problema (RITCHIE, 1977).

A dimensão real da área a ser trabalhada e a dimensão do meio onde será exibido o "mapa final" são outros elementos que determinam o fator de redução ou ampliação que será aplicado aos dados em seu tamanho natural, para poder representá-los em meios de dimensão inferior ou superior, ou seja, o fator de escala. Um fator de limitação da escala é a acurácia do olho humano, limitado a 0,2 milímetros. Como exemplo, tem-se o caso de um rio representado em um mapa com largura média de 4

milímetros, o qual sua largura média real só poderá ser determinada conhecendo-se a escala de plotagem (Tabela 3).

Tabela 3: Relação entre escala de plotagem e dimensão real

Escala	Largura média no mapa (mm)	Largura média real
1: 5.000	4	4 x 5000 = 20000 mm (20 m)
1: 50.000	4	4 x 50000 = 200000 mm (200 m)
1: 500.000	4	4 x 500000 = 2000000 mm (2000 m)

Um dos erros mais comuns cometidos na escolha das imagens para um projeto de SIG é a não observação detalhada do real propósito da investigação, assim como o nível de detalhe necessário para os dados. Normalmente, o enfoque do problema determina a escala de trabalho. A principal característica da imagem que possui relação direta com a escala é a sua resolução espacial. Outro fator importante que também deve ser considerado é a resolução radiométrica.

Richards (1999) propõe 0.1 milímetros como para relacionar a resolução espacial com a escala de trabalho. Neste caso, o próprio autor a considera simplista e muito grosseira, uma vez que considera somente a resolução espacial da imagem e o valor de aproximação de 0.1 mm no *pixel* como fator de resolução da escala. Ressalta-se ainda que é comum adotar, no Brasil, 0.2 milímetros como parâmetro de resolução da escala, de forma generalizada. A Tabela 4 apresenta a relação entre escala de trabalho e resolução espacial, para sensores mais utilizados, considerando 0.2 milímetros como parâmetro de resolução.

Tabela 4: Relação entre escala e resolução espacial

Escala	Tamanho aprox. do <i>pixel</i> (m)	Sensor
1: 25.000	5	Aircraft MSS
1: 100.000	20	CBERS-CCD, Spot HRV,
1: 150.000	30	LANDSAT TM
1: 250.000	50	LANDSAT MSS
1: 1.300.000	260	CBERS-WFI
1: 5.000.000	1.000	NOAA AVHRR

Atualmente, pode-se obter imagens nas mais diferentes resoluções, podendo variar desde os detalhes de um canal até o deslocamento de uma frente de instabilidade climática de grandes proporções (Figura 4).

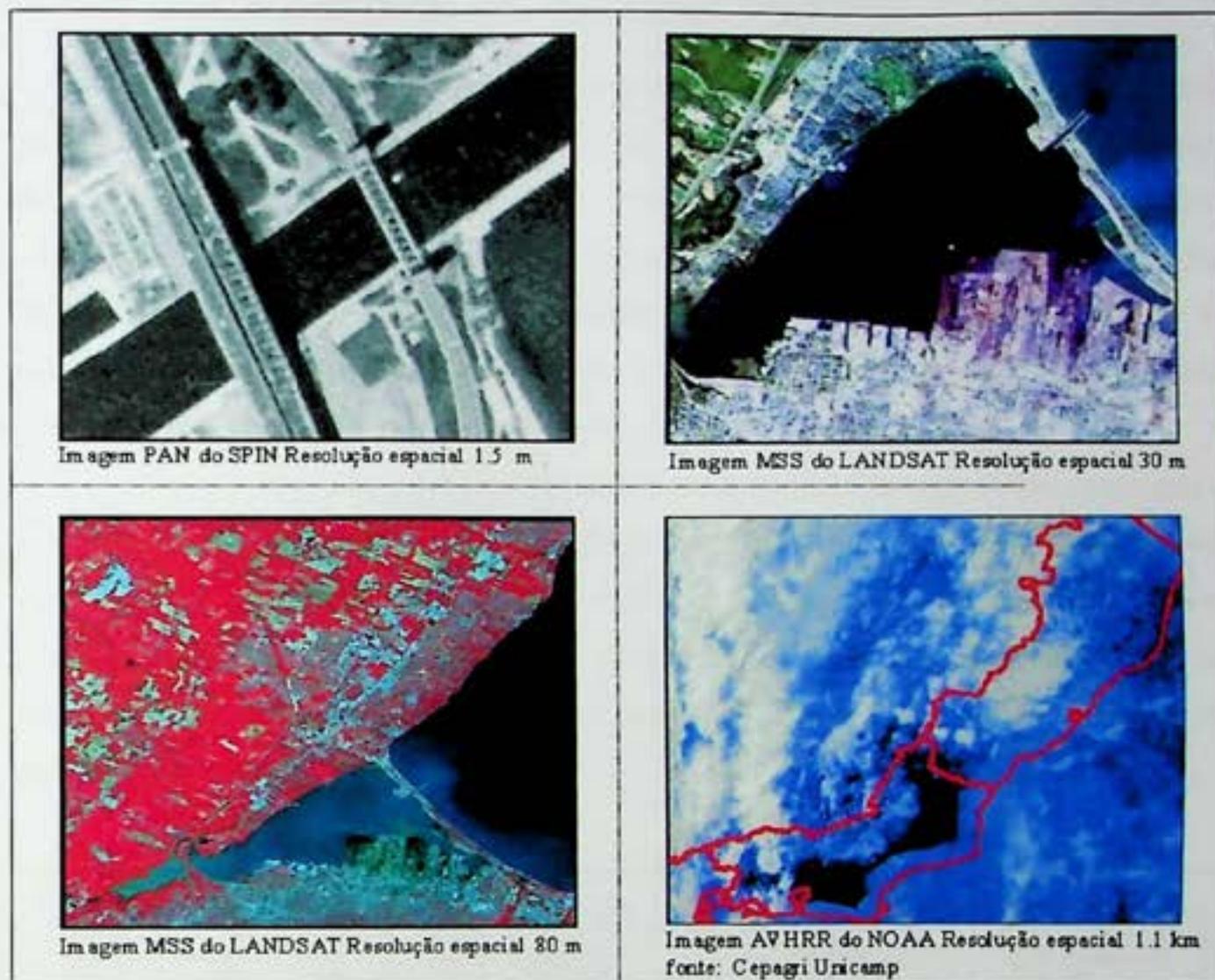


Figura 4: Representação de várias resoluções espaciais

A Dimensão Resolução Temporal

A dimensão temporal, mesmo que intuitivamente, encontra-se sempre presente em qualquer que seja a abordagem geográfica. Em uma primeira análise, um questionamento que sempre se faz em um mapa é sobre a data ou período de tempo que estão representados nos objetos gráficos ali existentes.

A frequência de atualização de um estudo e a sua data de referência determinam a sistemática do levantamento dos dados. Nesta avaliação, alguns fatores são fundamentais e devem sempre ser considerados em projetos envolvendo SIG e SSR:

- Qual a frequência de obtenção de imagens de uma mesma área?

- Com que rapidez a imagem é disponibilizada?
- Qual o acervo histórico de imagens da área em questão?
- Qual a data da tomada da imagem e hora?

Conhecer as condições climáticas e a programação de passagem do satélite são outros dois fatores que podem ser cruciais na avaliação das imagens. O conhecimento das condições climáticas influencia no tratamento digital da imagem e em sua utilização. A atualização da drenagem pode ficar comprometida em tomadas de imagens em regime de cheias, por exemplo. Conhecer o dia da tomada da cena *a priori* é de suma importância para o planejamento de operações de campo, quando se necessita obter a realidade de campo em sincronia com a data da imagem.

Embora a resolução temporal do satélite determine a sua capacidade de revisita a uma mesma área, em certos casos, pode-se usar imagens de vários satélites, com características semelhantes, para se obter maior frequência de observação da área em questão (STONEY, 1997). A Figura 5 exemplifica como obter maior frequência de resolução temporal através de uma programação envolvendo vários satélites de características semelhantes.

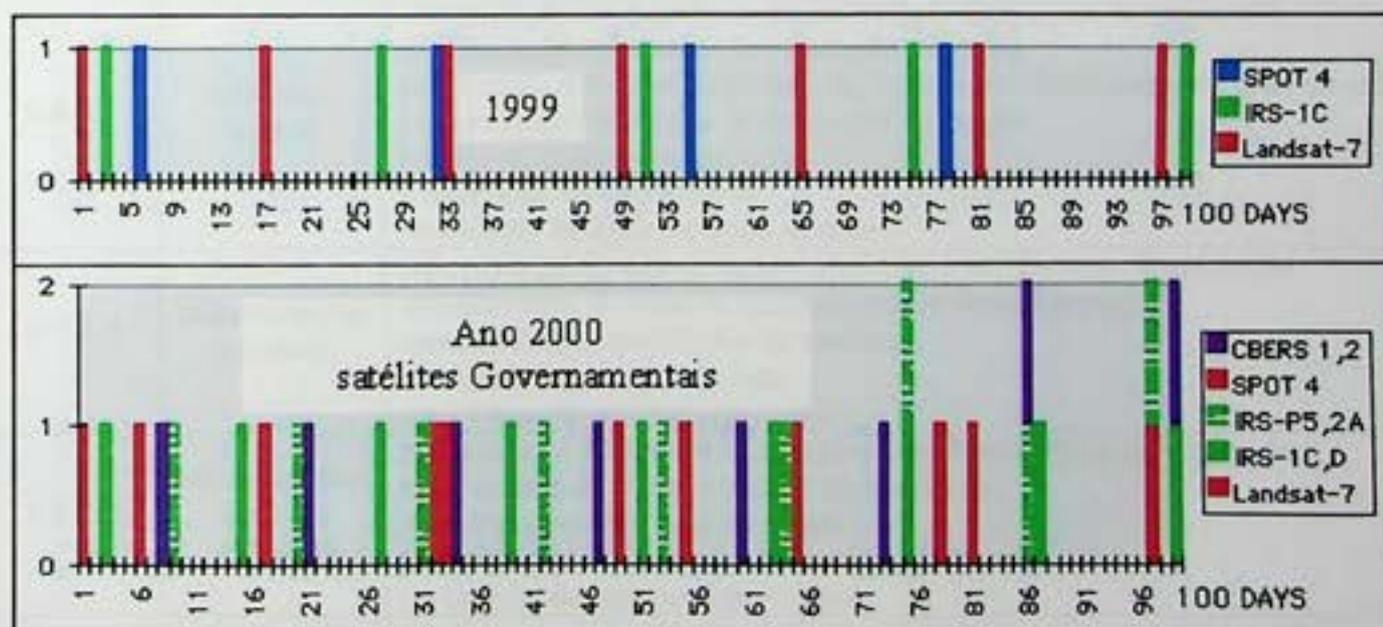


Figura 5: Programação de revisitas de satélites semelhantes
Adaptado de (STONEY, 1997)

A Dimensão Resolução Espectral

A dimensão da resolução espectral possui um relacionamento direto com os temas envolvidos no projeto de SIG, uma vez que a distribuição de bandas, ao longo do espectro eletromagnético em cada sensor, é cientificamente elaborada para identificar características particulares da área coberta. Conhecer o comportamento dos alvos em relação à resposta espectral ao longo do espectro eletromagnético e as propriedades de cada banda dos diversos sensores é o caminho correto na escolha da imagem. A Tabela 5 apresenta a sensibilidade das faixas espectrais presentes nos sensores mais utilizados para estudos em SR. Um estudo mais abrangente sobre comportamento espectral dos alvos e as propriedades dos diversos sensores pode ser encontrado em Lusch (1999).

Tabela 5: Faixas espectrais dos sensores e suas potencialidades

Faixa espectral (μm)	Região espectral	Aplicações associadas
0.4 -0.5	azul - visível	visualização de diferentes profundidades em meio aquático cartografia de linhas costeiras diferenciação entre solo e vegetação detecção de plumas de fumaça provocadas por queimadas ou emissões industriais
0.5-0.6	verde - visível	identificação de sedimentos em suspensão mapeamento da vegetação
0.6-0.7	vermelho - visível	diferenciação entre estágios de maturidade fisiológica da vegetação diferenciação entre áreas de vegetação e erosões delimitação das redes de drenagem, a partir da visualização da mata de galeria caracterização litológica de áreas sem vegetação identificação de áreas agrícolas delimitação da área urbana. verificação de distintos tipos de solo
0.7-1.5	Infravermelho próximo	diferenciação do teor de água e atividade fotossintética da vegetação mapeamentos de áreas de queimadas e desflorestamento caracterização morfológica do terreno delimitação de corpos de água caracterização de áreas agrícolas
1.5-2.0	Infravermelho médio - 1ª janela	diferenciação do teor de água e atividade fotossintética da vegetação identificação de estresse hídrico da vegetação diferenciação entre neve e nuvens identificação de áreas com afloramentos minerais cartografia de estruturas geológicas
2.0-3.0	Infravermelho médio - 2ª janela	mapeamento hidrotérmico caracterização morfológica do terreno identificação de áreas com afloramentos minerais cartografia de estruturas geológicas
3-12	Infravermelho distante - termal	identificação de contrastes térmicos entre diferentes coberturas da superfície mapeamento térmico identificação de lagos, rios, açudes

Fonte: (GEOEXPLORE, 2005), modificada

3.1.2 - Classificação por Características Comuns

Considerando as dimensões da resolução espacial, temporal e espectral, é possível estabelecer grupos de sensores com características semelhantes, visando identificar um conjunto de imagens que possam ser usadas para a mesma finalidade. Stoney (1997) classifica os sensores existentes em quatro grupos: o do tipo LANDSAT, o de alta resolução, o hiperespectral e o grupo Radar (STONE, 1997). A Figura 6 apresenta a divisão proposta por Stoney, bem como a situação atual dos programas.

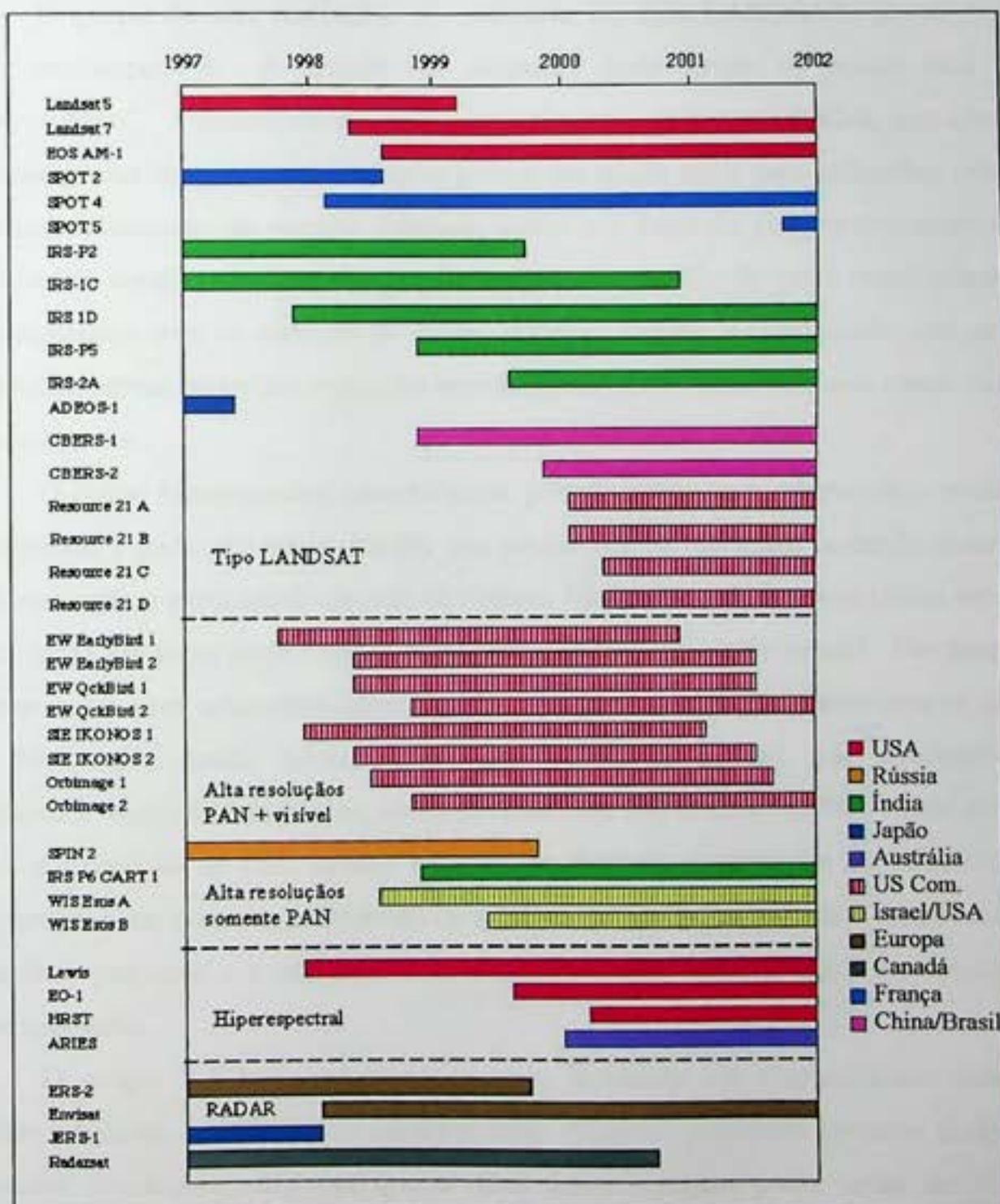


Figura 6: Grupos de satélites de aplicações comuns

Fonte (STONE, 1997).

O grupo do tipo LANDSAT pode ser considerado de uso geral, podendo atender escalas média e pequena, abaixo de 1:50.000, muito usadas em projetos ambientais não urbanos. De custo relativamente barato, este grupo enfatiza a cobertura multiespectral. Atuando nas faixas do visível, infravermelho médio e termal, através deste grupo, pode-se conseguir uma grande resolução temporal, uma vez que, separadamente, os satélites LANDSAT, IRS, SPOT e CBERS podem visitar uma mesma área em 16, 22, 24 e 26 dias, respectivamente.

O grupo de alta resolução, ao contrário do tipo LANDSAT, possui limitado poder multiespectral. A metade dos sensores deste grupo só possui uma banda "pancromática". Desenvolvidos, em sua maioria, por empresas privadas, que aposta no uso maciço das imagens, esses sensores podem ser muito úteis para aplicações urbanas e no acompanhamento de eventos pontuais, como em áreas de risco que necessitam um alto nível de detalhe. As imagens geradas por este grupo são de custo relativamente alto se comparadas com as imagens do grupo anterior. Porém, considerando que somente fotografias aéreas poderiam concorrer com imagens destes sensores, este custo não deve ser comparado.

O grupo hiperspectral caracteriza-se pela diversidade de objetos que podem ser distinguidos a partir das várias bandas que possui (de 32 até 256), podendo atuar tanto em áreas onde a predominância seja de objetos fabricados pelo homem (áreas urbanas), assim como em áreas onde é rara a transformação humana (áreas rurais). Em função do enorme custo para armazenar tantas bandas, sua resolução espacial encontra-se na casa dos 30 metros, sendo consenso que esta resolução é mais que suficiente para caracterizar majoritariamente os alvos de interesse (STONE, 1997). Vale ressaltar que a distribuição de suas bandas encontra-se limitada ao visível e ao infravermelho. Este grupo é, na verdade, constituído de satélites de novíssima geração. Assim sendo, o verdadeiro potencial e o uso efetivo das imagens destes sensores ainda se constitui um enorme desafio.

O grupo RADAR caracteriza-se pela facilidade em disponibilizar dados em regiões adversas de clima. As características espaciais permitem levantar dados com diferentes resoluções, uma vez que o pixel destas imagens pode variar de 7 a 500 metros. Mesmo sendo concebidos para atuarem na região costeira e polar, este grupo possui um enorme potencial para aplicações geológicas e geomorfológicas. Estudos

recentes têm sido desenvolvidos no sentido de aprimorar seu uso para áreas de vegetação densa.

Um outro grupo poderia ser incluído nesta relação, o grupo dos sensores de alta cobertura espacial. Duas características são marcantes neste grupo: a capacidade de cobrir áreas continentais e a frequência de obtenção das imagens, normalmente acima de duas ao dia. Atualmente, existe uma revalorização do uso destas imagens, influenciada pela necessidade do levantamento global e pela visão holística, como vem sendo tratada a questão ambiental.

Todas estas características e propriedades dos sensores interferem na representação das imagens e no seu uso, podendo observar diferentes fenômenos em diferentes escalas. No entanto, qualquer que seja a sua aplicação, ela se caracteriza por identificar os elementos básicos de interpretação, o que nos permite a extração de informações sobre a área desejada. No Brasil, por questões de disponibilidade de imagens, suporte técnico e aplicativos, além de razões comerciais, as imagens mais usadas são adquiridas pelos sensores do programa LANDSAT, SPOT E RADARSAT. Ressalta-se aqui o esforço pioneiro do INPE em disponibilizar imagens e aplicativos para tratamento destas. Além disso, com o sucesso do programa CBERS, espera-se uma evolução muito rápida no uso de suas imagens, uma vez que estas estão sendo disponibilizadas, na *Internet*, sem custos para os usuários.

3.1.3 - Potencialidade das Imagens

As imagens são preparadas para servir de apoio a diversas atividades, destacando-se: monitoramento do meio ambiente através de séries temporais, mapeamento e atualizações sistemáticas de cartas, inventários florestais, exploração mineral e identificação de sítios arqueológicos. O nível de detalhamento das informações que se pode obter em uma imagem depende de das suas características, do nível de observação desejado e das técnicas de processamento disponíveis capazes de particularizar um determinado alvo.

As imagens, quando “coladas” lado a lado, compondo um mosaico, e georreferenciadas a uma base de referência, podem cobrir qualquer área de interesse e, quando sobrepostas, são de grande utilidade em estudos de acontecimentos atuais ou de fenômenos ao longo do tempo. As imagens podem cobrir desde pequenos recortes,

políticos ou naturais, no terreno, com nível de observação que permite diferenciar uma casa de uma árvore, até grandes regiões, de forma contínua, conseguindo distinguir padrões de diferentes alvos a partir das diferenças e similaridades de valores entre as células (*pixels*) vizinhas.

Em função da possibilidade de serem adquiridas sistematicamente sem um planejamento detalhado e com a frequência de revisitas ao mesmo ponto, que pode chegar a horas, as imagens permitem acompanhar, com precisão, a evolução de eventos particulares como: queimadas, derramamento de óleo, frentes frias, tornados, etc. Esta habilidade, quando usada com frequência regular durante um período de tempo capaz de detectar variações significativas no terreno, pode ainda ser usada como ferramenta estratégica na projeção de cenários para o futuro, no esclarecimento das modificações que ocorrem no meio ambiente e na persuasão da gestão do território.

Em função da explosão de equipamentos e sensores para levantar informações com os mais variados propósitos (climáticos, uso da terra, levantamentos geológicos, etc.) e das técnicas de tratamento de dados oriundos de sensoriamento remoto, as imagens de satélites vêm contribuindo, de forma crescente e qualitativamente, nos levantamentos de dados sobre a natureza.

A cada dia que passa, as técnicas de classificação ficam mais sofisticadas, ampliando, de forma considerável, a sua aplicabilidade a uma grande gama de problemas. Entre algumas aplicabilidades de imagens classificadas, temos: os estudos de impacto ambiental e os mapeamentos, como o de vegetação, de geologia, e de cobertura e uso do solo. Estas aplicações, quando conseguem representar a realidade com precisão e atualidade, constituem-se em importantes fontes de informação para o inventário e a avaliação de recursos naturais ou sócio-econômicos.

3.2 - Modelo Digital de Elevação

Segundo Felicíssimo (2004), o Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma estrutura numérica de dados que representa a distribuição espacial da altitude da superfície do terreno. Além de considerar a rugosidade do terreno, os MDEs também podem representar qualquer outra variável que possa ser expressa, no plano X, Y e Z, pela variável Z. Os MDEs permitem a representação dos elementos da superfície a partir de dados tridimensionais (Figura 7) que possibilitam a geração de informações

espaciais de grande importância para a modelagem e análise da superfície da Terra (FERNANDES, 2004).

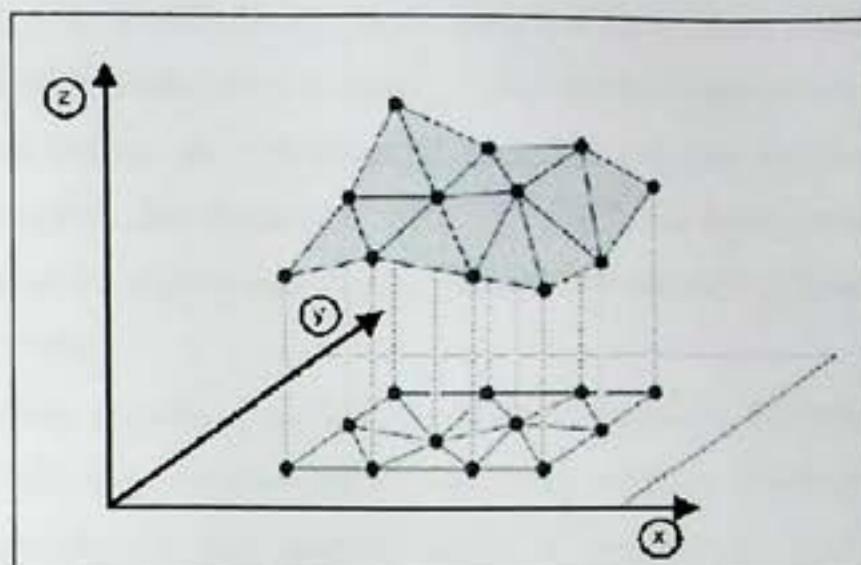


Figura 7: Representação do Modelo Digital de Elevação (MDE)
Fonte: FERNANDES (2004)

Os processos de avaliação dos modelos digitais de elevação podem ser realizados a partir da análise qualitativa ou quantitativa.

Nas análises qualitativas, o modelo gerado é analisado, visualmente, buscando-se caracterizar aspectos que possam dar apoio a interpretações para outra área temática, tais como:

- Avaliação de potencial hídrico;
- Delimitação de áreas especiais (terras indígenas, áreas de proteção ambiental, áreas de segurança);
- Delimitação de bacias hidrográficas;
- Delimitação de áreas de risco;
- Avaliação de eventos catastróficos e quando combinados com imagens de satélites.

Nos processos com análises quantitativas, é possível calcular volumes e gerar mapas que possibilitem realizar cálculos de áreas. Como exemplo, temos:

- Análises de corte-aterro para projetos de estradas e barragens;
- Elaboração de mapas de declividade e aspecto de encostas;
- Leituras de observações em superfície real (área e distância).

3.2.1 - Estrutura de Dados de um MDE

A unidade básica de informação de um MDE é o valor definido pelo par de coordenadas x , y e a altitude z , que materializam um ponto de medição, usualmente conhecido como ponto cotado. A distribuição espacial dos eventos aparece quando os dados básicos são organizados em estruturas que representam as relações espaciais e topológicas. Em função da concepção básica da representação dos dados, as estruturas dos modelos digitais de elevação dividem-se em dois grupos: vetorial e *raster* (FELICÍSIMO, 2004).

Na estrutura vetorial, o modelo de dados é baseado em entidades ou objetos geométricos definidos por coordenadas de seus nós e vértices. Neste caso, os objetos do terreno são representados por pontos, linhas ou polígonos, com seus respectivos atributos. Os pontos são definidos por um par de valores de coordenadas com um atributo de altitude. As linhas, por um vetor de pontos de mesma altitude. Os polígonos, por agrupamento de linhas, que representa uma área de mesma altitude.

Na estrutura *raster* o modelo de dados é baseado em unidades de localizações espaciais. Estas unidades, chamadas de células, possuem distribuição regular, sem sobreposição e com recobrimento total da área representada. O valor apresentado em cada célula, quando se procura representar o terreno, é o valor da altitude.

A partir da unidade básica, são criados modelos de representação. Segundo Childs (2004), os tipos de representação de um modelo digital de elevação podem ser apresentados de quatro maneiras (Figura 8):

- Pontos 3D – são pontos que apresentam dados da posição espacial no plano xy e o valor do fenômeno estudado, que é representado no eixo z , bastante utilizado para levantamento em campos pontuais e para definir pontos de máximos e mínimos em cartas topográficas.
- Isolinhas – são as linhas formadas por um conjunto ordenado de pontos bidimensionais definidos no plano xy , contendo, além dos pontos definidores de sua geometria, um valor associado ao fenômeno estudado. Esta representação é muito utilizada para representação de curvas de nível (relevo), isotermas (temperatura) e isóbaras (pressão).

- Grade regular retangular (Grid) – é uma estrutura matricial contendo pontos 3D regularmente espaçados no plano xy, tendo como atributos mais importantes o número de linhas e colunas, a resolução horizontal e vertical, e o retângulo envolvente.
- Grade irregular triangular (TIN) – é uma estrutura poliédrica que apresenta triângulos como elementos básicos, os quais seus vértices pertencem ao conjunto de amostras do modelo.

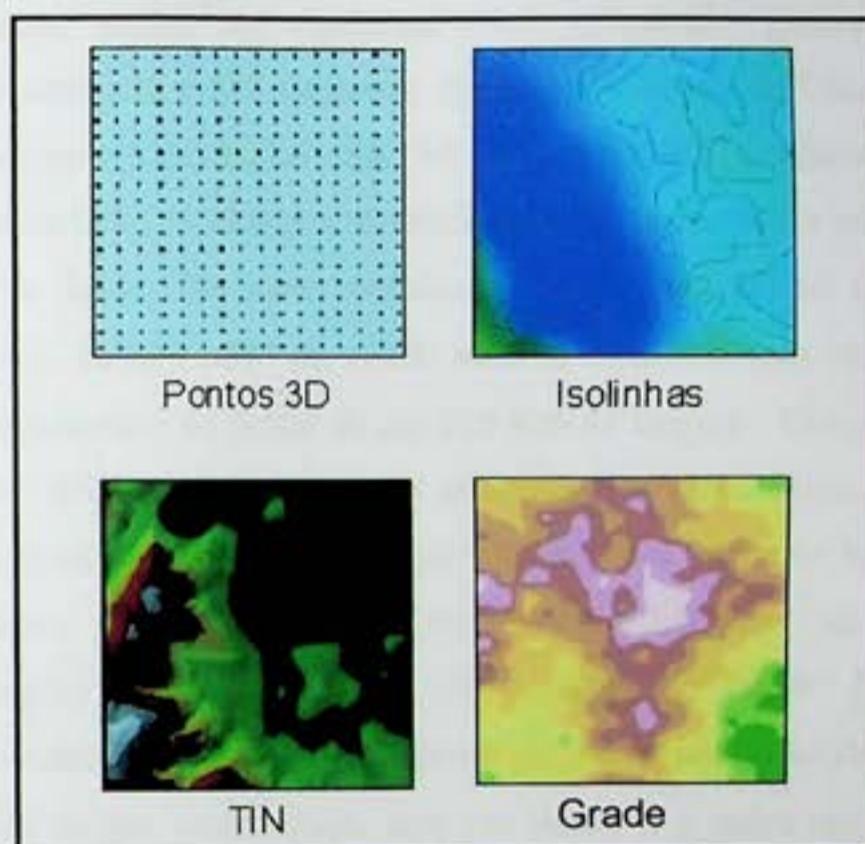


Figura 8: Tipos de representação de um MDE
Fonte (CHILDS, 2004)

Até bem pouco tempo, a geração de modelos digitais de elevação era produzida a partir da compilação de elementos hipsométricos (curvas de nível e pontos cotados) da Base Cartográfica de Referência oficial. Ocorre que na maioria dos casos não existem bases digitais na escala desejada e, quando existe, não está devidamente estruturada para esta finalidade. Estes fatores são os principais responsáveis pela baixa utilização dos MDEs até aqui, uma vez que produzi-los a partir do material existente demandava um esforço considerável.

Atualmente, para aplicações temáticas de média resolução (entre 1:250.000 e 1:50000) sem comprometer a localização de elementos gráficos, pode-se gerar o MDE a partir dos arquivos oriundos dos dados do programa SRTM, em um tempo infinitamente

superior. Vale ressaltar que estes dados referentes a toda a América Latina e grande parte do mundo encontram-se disponíveis na Internet, gratuitamente.

3.2.2 - O Programa SRTM

Tendo como principal objetivo o de gerar um modelo de elevação global a partir de imagens orbitais com sensor radar, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), juntamente com a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), com participação, ainda, das Agências DLR (*Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt*), da Alemanha, e ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*), da Itália, criou o projeto *Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM*. A missão SRTM utilizou-se de dois tipos de radar interferométrico de abertura sintética, um da banda “C” e outro da “X”, para adquirir dados ao longo de faixas contínuas. A visada lateral (*off-nadir*) desses instrumentos variou de 33° a 58° da visada vertical (*nadir*) a uma altitude de 233 km, permitindo o imageamento de faixas de até 225 Km de largura. O radar de banda “C”, com polarizações HH e VV, foi utilizado para imagear estas faixas mais largas (225 km). O radar de banda “X”, com polarização VV, imageou faixas de 50 km.

Este sistema de radar é o mesmo que foi utilizado na missão espacial “*Spaceborne Imaging Radar*” / “*X-Band Synthetic Aperture Radar*” (SIR-C / X- SAR) de 1994, complementado com uma haste móvel de 60 metros (linha de base), com duas antenas acopladas na sua extremidade, uma em banda C e outra em banda X; e duas antenas no corpo da nave, igualmente, uma em banda C e outra em banda X, possibilitando a determinação da altitude dos pontos a partir de técnicas de interferometria (FARR & KOBRICK, 2000).

A SRTM é parte da missão denominada STS-99 do ônibus espacial *Endeavour*, lançado em 11 de fevereiro de 2000, que sobrevoou o planeta ao longo de 11 dias, cobrindo cerca de 80% da superfície terrestre. A figura 9 apresenta os equipamentos de varredura e sua disposição montados na aeronave.

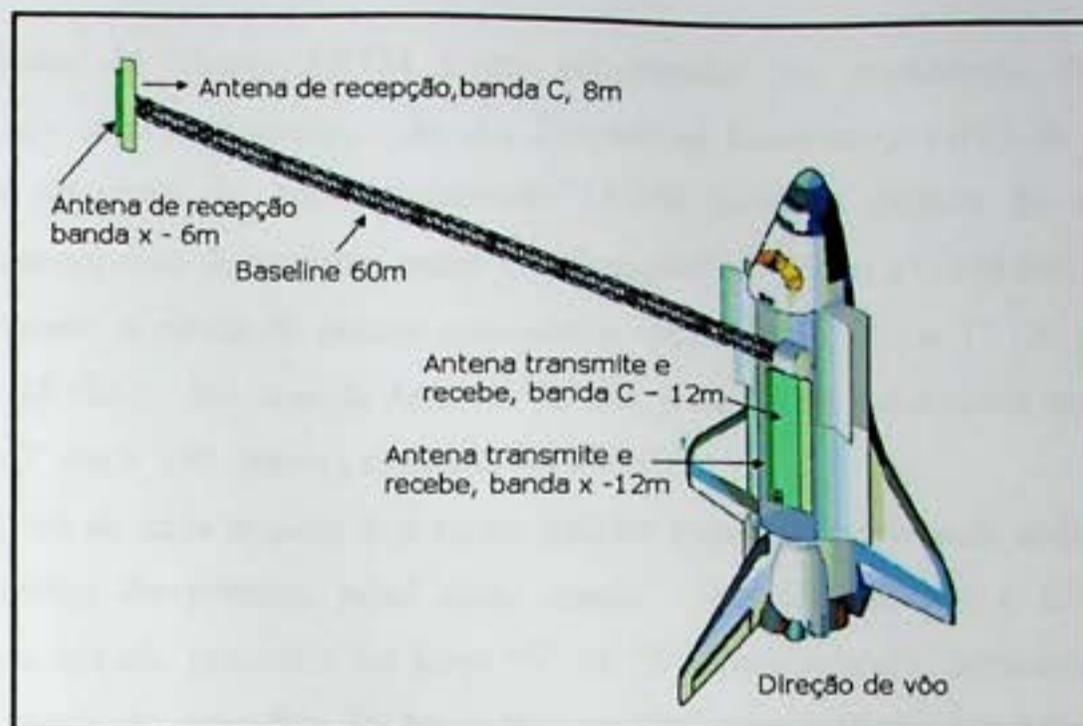


Figura 9: Equipamento da Missão SRTM

Fonte: (RABUS *et al.*, 2002)

Limitado pelos paralelos 60° N e 56° S, com o objetivo de gerar informações tridimensionais para construção de modelo digital de elevação global, este sistema, trabalhou durante 222,4 horas consecutivas gerando dados interferométricos, de 99.96% da área pelo menos uma vez, 94.59% pelo menos duas vezes e aproximadamente 50% três ou mais vezes (Figura 10). A meta desta missão era imagear cada segmento de terreno pelo menos duas vezes de ângulos diferentes (em passagens ascendentes e descendentes), visando preencher áreas com sombreamento (NASA, 2003).

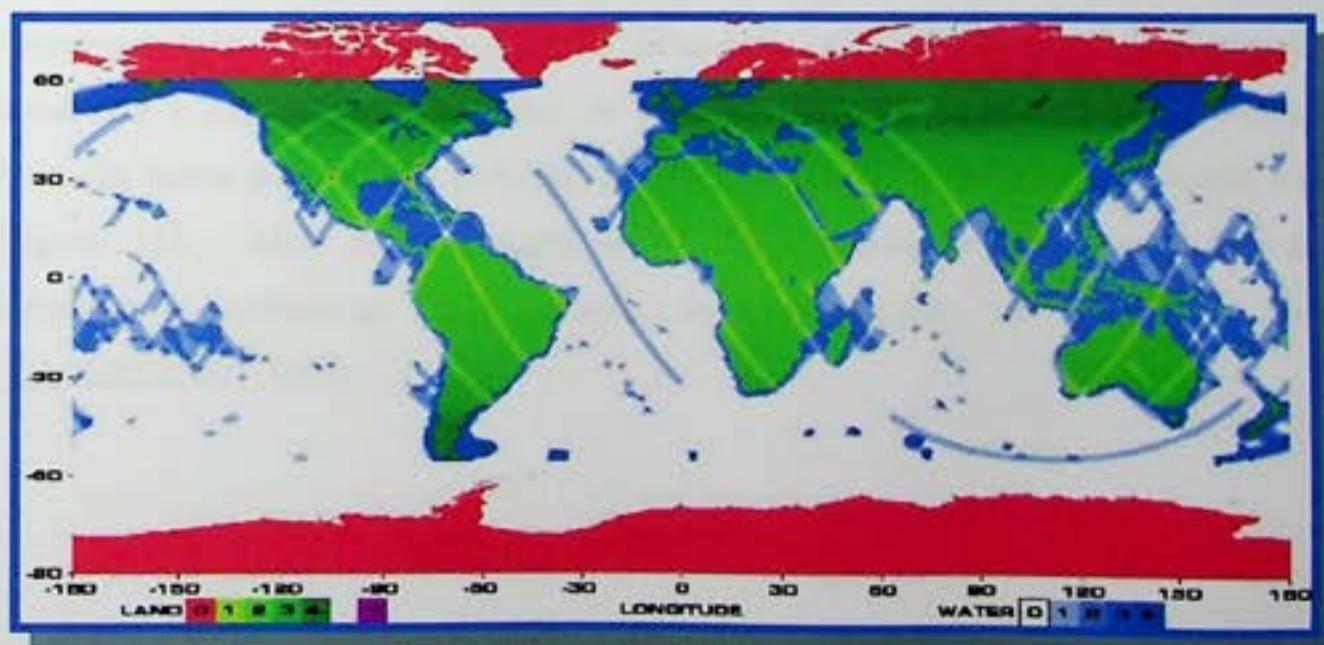


Figura 10: Esquema do recobrimento SRTM

Fonte: (HEADY & LITTLE, 2003)

Os dados da Missão SRTM foram processados por continente, de modo sistemático, nos supercomputadores do *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) da NASA. Foram feitos mosaicos de aproximadamente 15.000 modelos digitais de elevação organizados em arquivos de estrutura *raster* em “imagens” de 1° por 1° (108 km). Para a América do Norte, a matriz de pontos encontra-se espaçada de 1” em 1” (30 metros), apelidado de SRTM-1. No caso da América do Sul, a matriz foi subdividida em pontos espaçados de 3” em 3” (90 metros), chamado SRTM-3.

A origem de cada arquivo é o canto inferior esquerdo (sudoeste), atribuída ao centro geométrico do primeiro *pixel* deste canto. Sua identificação é feita pelas informações de latitude, precedida das letras “S” ou “N”, para indicar o hemisfério Norte ou Sul, e da longitude, precedida das letras “E” ou “W” para indicar o hemisfério Leste ou Oeste, respectivamente. Por exemplo, o arquivo identificado pelo código S03W60, representa a área quem tem como origem o ponto 03° de latitude Sul e 60° de longitude Oeste. Cada arquivo contém 1201 linhas e 1201 colunas, onde as linhas e colunas das extremidades dos modelos sobrepõem-se e são idênticas às linhas e colunas das extremidades dos modelos adjacentes. Os dados são armazenados por linhas e, quando se esgotam todos os dados para a linha um, passa-se a armazenar os dados da linha dois, e assim por diante até o fim do modelo. Os valores das elevações são apresentados em metros, sem casas decimais e referenciadas para o datum vertical WGS84 EGM96.

A missão SRTM contou, ainda, com levantamentos de campo onde o principal dado foi adquirido por levantamento geodésico, no qual foi utilizado o Sistema de Posicionamento Global Cinemático (*Kinematic Global Positioning System*), que possibilita a determinação de linhas de posições dadas por um veículo em movimento. Ao todo, cerca de 70.000 km de linhas (transectos) foram coletadas para apoio à missão (Figura 11). Além disso, equipes do JPL distribuíram refletores com coordenadas definidas e conhecidas para geração de um conjunto de pontos de controle (VALERIANO, 2004).



Figura 11: Pontos de apoio (transectos) da missão SRTM
 Fonte: (HEADY & LITTLE, 2003)

Conforme informações divulgadas pelo JPL (2003), assim como em todos os dados de natureza geográfica, os usuários dos dados SRTM devem estar atentos a certas características destes como: resolução, precisão, método de produção e outros, para melhor avaliar a conveniência para uma aplicação específica. Uma característica dos dados SRTM que seja um fator limitante para uma determinada aplicação pode não ser relevante para limitar seu uso em uma outra aplicação.

Embora tenham sido aplicadas algumas operações de pós-tratamento, os dados de elevação, em particular, contêm numerosos vãos e outros pontos espúrios, como valores extremamente altos (picos) ou extremamente baixos (vórtices). Muitos destes valores estão relacionados aos corpos d'água, pois a sua superfície produz, geralmente, baixo espalhamento (*backscatter*,) dificultando a obtenção pelo radar. Como consequência, os corpos d'água e as linhas de costa podem apresentar alguma deficiência em sua definição.

A comunidade científica considera que os dados produzidos pela missão SRTM possui o "grau de pesquisa", ou seja, dados satisfatórios para investigações científicas e desenvolvimento de aplicações civis.

3.3 - Sistema de Informações Geográficas

O aparecimento de aplicações voltadas para o processamento de grandes volumes de dados que possuem referência na superfície terrestre, ou seja, dados geográficos, está diretamente ligado à disponibilidade dos primeiros ambientes

computacionais, por volta de 1940 e 1950 (LONGLEY, 1999). Estas aplicações, consideradas não convencionais para a época, impulsionou o desenvolvimento de sistemas específicos com características muito particulares. Os Sistemas de Informações Geográficas são vistos como um poderoso conjunto de ferramentas computadorizadas utilizadas para coletar, transformar, armazenar, recuperar, realizar consultas e visualizar dados espaciais oriundos do mundo real, utilizados para um propósito particular (BURROUGH, 1987).

Concluído em 1967, o *Canadian Geographic Information System* é considerado o primeiro sistema a reunir as características básicas de um SIG. Outros dois sistemas foram pioneiros e representam um marco para o desenvolvimento dos SIGs, o *New York Landuse and National Resouces Information* e o *Minnessota Land Management Information*. As primeiras iniciativas foram na esfera governamental, notadamente canadense e americano, devido aos custos altíssimos envolvidos na época e a incertezas que envolviam esta área.

A partir daí, mudanças consideráveis ocorreram no ambiente computacional, principalmente no que diz respeito à redução de custos e ao aumento da capacidade de armazenamento e processamento, mudanças estas que têm possibilitado uma rápida difusão e aceitação da tecnologia SIG. Além disso, a necessidade cada vez maior de manipular, converter, atualizar, analisar e disponibilizar dados e informações de forma rápida, consistente e segura têm sido fatores determinantes na evolução desta tecnologia. Alguns fatos foram marcantes no desenvolvimento da tecnologia SIG e podem ser cronologicamente apresentados:

- Na década de 60, desenvolveu-se a tecnologia CAD "*Compute Aided Design*", um poderoso instrumento de desenho digital para aquisição, armazenamento, atualização e visualização de dados espaciais, que podem ser representados graficamente através de linhas, pontos e polígonos. Este instrumento, embora sirva para criar desenhos de qualquer natureza, tem sido um grande aliado na manutenção de mapas. Em alguns casos, este instrumento encontra-se incorporado ao ambiente do SIG, como por exemplo, o "*MICROSTATION*", da empresa Bentley, que pode atuar como um módulo do SIG MGE da empresa *INTERGRAPH*. Em outros casos, o CAD atua isoladamente para criar o arquivo de desenho, sendo seus dados incorporados

ao SIG através de rotinas de importação como, por exemplo, arquivos vindos do *AUTOCAD*, da empresa Autodesk, com extensão “.DXF”, que podem ser incorporados à maioria dos SIGs existentes através de rotinas de importação.

- Nos anos 80, começa-se o uso de Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacionais (SGBDR) para armazenar os dados alfanuméricos, na tentativa de garantir a integridade, o controle de acesso, a recuperação rápida e um meio seguro de armazenamento dos dados alfanuméricos associados aos objetos gráficos. Estes dados, antes organizados e controlados em estruturas próprias pelo próprio SIG através de mecanismos pouco desenvolvidos, além destas dificuldades de controle e manipulação, neste ambiente, exigiam esforços consideráveis quando da necessidade de convertê-los para outros sistemas.
- Nos anos 90, começa-se a tentativa da criação de um padrão comum e aberto para armazenamento de dados gráficos, permitindo, dessa forma, uma maior interoperabilidade entre os vários SIGs, haja vista as facilidades de fluxo e disponibilização de dados em ambientes modernos, como é o caso da “internet” (OGC, 2000 ; THOME, 1998). Vale ressaltar que, até hoje, cada SIG possui um formato próprio para armazenar os dados gráficos, o que dificulta qualquer tipo de intercâmbio entre eles, uma vez que nem sempre é possível fazer a conversão direta e, quando isto é possível, normalmente existe alguma perda.
- Ainda na década de 90, iniciam-se os primeiros esforços para armazenar tanto dados gráficos quanto dados alfanuméricos em um mesmo ambiente de banco de dados. Como exemplo deste ambiente pode-se citar as funcionalidades apresentadas pelas versões mais recentes do SGBD ORACLE, como por exemplo, o ORACLE 8I (ORACLE, 2000).

No Brasil, o desenvolvimento e uso da tecnologia de processamento digital de dados geográficos é relativamente recente, sendo iniciada nos anos 1980 com o desenvolvimento do Sistema de Análise Geo-Ambiental - SAGA pelo grupo de geoprocessamento do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (CÂMARA, 2000). Diferentemente de outros países, onde a competitividade da iniciativa privada proporciona o desenvolvimento rápido de sistemas

sofisticados, no Brasil, os esforços que se sucederam ao SAGA vêm sendo realizados através de iniciativas isoladas de pessoas, grupos e/ou instituições públicas.

- A empresa MaxiDATA criou o MaxiCAD em meados de 1980, adotado como uma das primeiras soluções de baixo custo para mapeamento apoiado por computador. A seguir, foi desenvolvido o dbMapa, que permitiu a ligação dos elementos gráficos, criados no MaxiCAD, às descrições alfanuméricas armazenadas em bancos de dados relacionais.
- O CPqD/TELEBRAS apresentou, em 1990, o SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência de Rede Externa), constituído a partir do SIG VISION e do SGBD ORACLE.
- O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) vem apresentando soluções para geoprocessamento desde 1991. Iniciou com o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema Geográfico de Informações), sendo, mais recentemente, integrados em um único ambiente, conhecido como SPRING, um poderoso Sistema que “unifica o tratamento de imagens de sensoriamento remoto (ópticos e microondas), mapas temáticos, mapas cadastrais, redes e modelos numéricos” (CÂMARA, 2000). O SPRING pode ser adquirido gratuitamente através da rede mundial de computadores na seguinte página: <<http://www.dpi.inpe.gr/spring>>.

3.3.1 - Áreas de Aplicação

Inicialmente concebidos para tratar dados ambientais, os SIGs já ultrapassam, em muito, as fronteiras de suas propostas iniciais. O número de SIGs existentes já é superior a 1000 em uma indústria que movimenta bilhões de dólares e emprega centenas de milhares de pessoas. Atualmente, podemos encontrar aplicações nas mais diferentes áreas, identificando-se a cada dia novas necessidades. Entre algumas aplicações, tem-se:

- Políticas Públicas:
 - Conhecer a realidade local através de inventários e diagnósticos;
 - Estabelecer políticas de cobranças de impostos através de critérios justos;

- Priorizar áreas mais carentes do território para aplicar recursos;
 - Incentivar ou desencorajar investimentos agropecuários ecologicamente corretos dependendo da aptidão da área;
 - Otimizar serviços como coleta de lixo, escolha de locais apropriados para depósito de lixo, localização de escolas e hospitais;
 - Acompanhamento de catástrofes como epidemias e furacões;
- Engenharia civil:
 - Simular impactos ambientais antes da construção efetiva da obra;
 - Dimensionar e avaliar custos na construção de hidroelétricas;
 - Calcular custos e escolher o melhor caminho para a construção de redes de infra-estrutura (rodovias, ferrovias, hidrovias, etc.);
- Comércio:
 - Estudar a distribuição e a participação de concorrentes;
 - Escolher os locais para instalação de grandes centros de compras;
 - Estudar a viabilidade de exploração de recursos naturais;
- Utilidades públicas (luz, água, telefone, etc.):
 - Controlar a distribuição de energia ao longo da rede;
 - Identificar a necessidade de expansão de linhas telefônicas;
 - Localizar os pontos de desperdícios de água e luz.

3.3.2 - Estruturas Gráficas em SIG

Tradicionalmente, os dados gráficos são armazenados de forma digital para serem exibidos na forma de mapa. Nesse sentido, duas estruturas primárias estão bastante consolidadas, a vetorial e a matricial (Figura 12), muito embora cada fabricante crie variações próprias (formatos) para atender às suas especificidades. Por exemplo, o formato DGN do *MICROSTATION* e os formatos DWG e DXF, usados pelo *AUTOCAD*, utilizam estruturas vetoriais e o formato TIF utiliza a estrutura matricial para armazenar imagens digitais.

A estrutura vetorial, como o próprio nome sugere, baseia-se nos princípios vetoriais, ou seja, possui uma dimensão, uma orientação e um sentido, que são representados no arquivo por um ou mais pares de valores. Estes valores, quando

representados considerando um sistema de projeção, possibilitam o posicionamento do objeto gráfico na superfície terrestre. Os objetos gráficos são representados, em sua maioria, por pontos, linhas e polígonos.

A estrutura *raster* ou matricial incorpora o conceito de grade e célula em sua estrutura, onde cada área geográfica é representada por uma grade regular de linhas e colunas, e o tamanho de cada célula é determinado pelo quadrado formado através do cruzamento entre as linhas e colunas. À cada célula é atribuído um valor numérico que representa a discretização do alvo “naquele ponto”. A posição de um determinado ponto pode ser obtida a partir de informações da origem da grade, do tamanho de cada célula e da posição que ocupa na grade, em termos de linha e coluna.

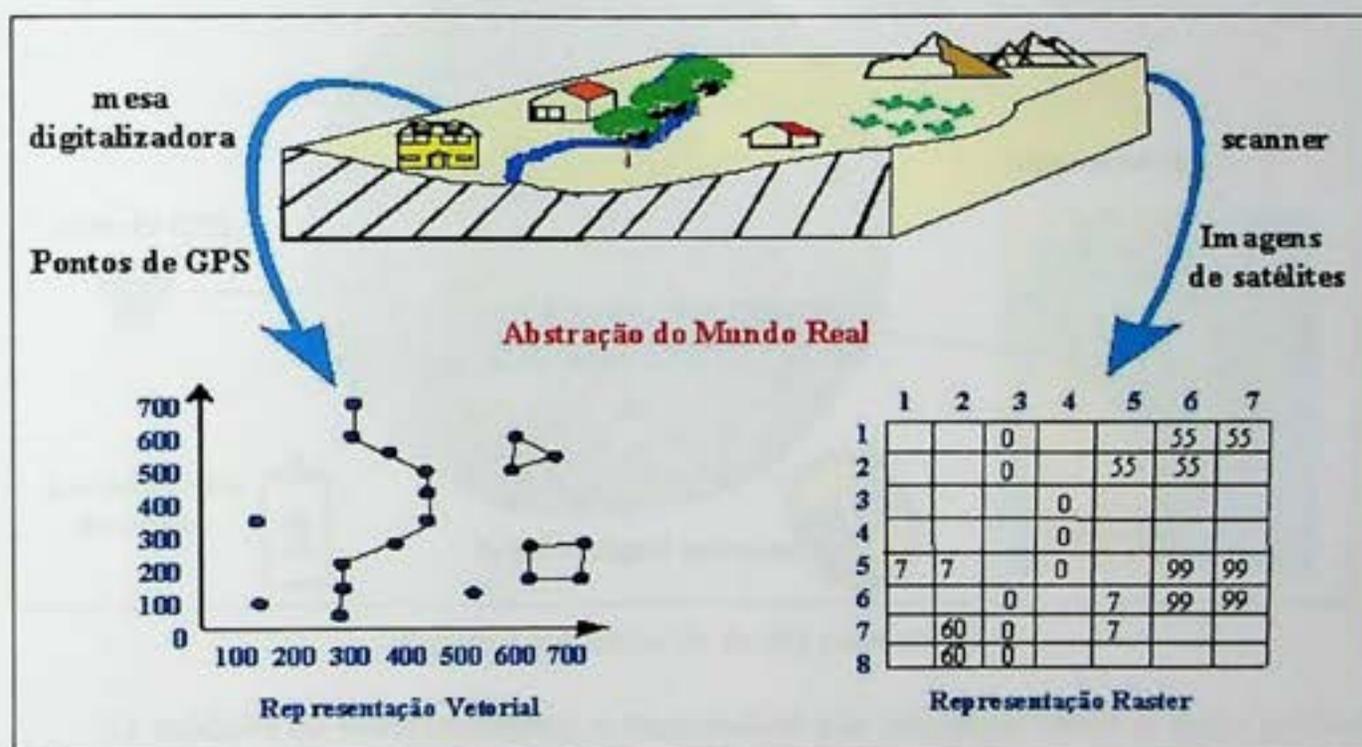


Figura 12: Representação vetorial e matricial

3.3.3 - Funcionalidades do SIG

Em geral, o SIG disponibiliza facilidades para captura, armazenamento, recuperação e exibição de toda base de dados, através de módulos individualizados e periféricos especiais, tais como, mesas digitalizadoras¹, equipamentos de varreduras do tipo *scanners* e impressoras para grandes formatos de papel (*plotters*), perfeitamente integrados ao SIG em módulos de entrada e saída de dados.

¹ Dispositivo sobre o qual um mapa em papel é colocado e, através de ferramentas do CAD permitem identificar e perseguir objetos gráficos, possibilitando a geração de arquivos digitais de desenhos.

O módulo de captura permite a digitalização, a transformação, a edição e a organização de dados vindos de diferentes fontes (Figura 13) para o formato utilizado pelo SIG. Normalmente, estes dados gráficos são armazenados em arquivos seqüenciais no formato proprietário ou utiliza-se um CAD de mercado para o seu armazenamento, como é o caso do MGE que incorpora o CAD MICROSTATION em sua estrutura. Além disso, este módulo possui ferramentas que permite representar o dado nos mais diversos sistemas de projeções conhecidos.

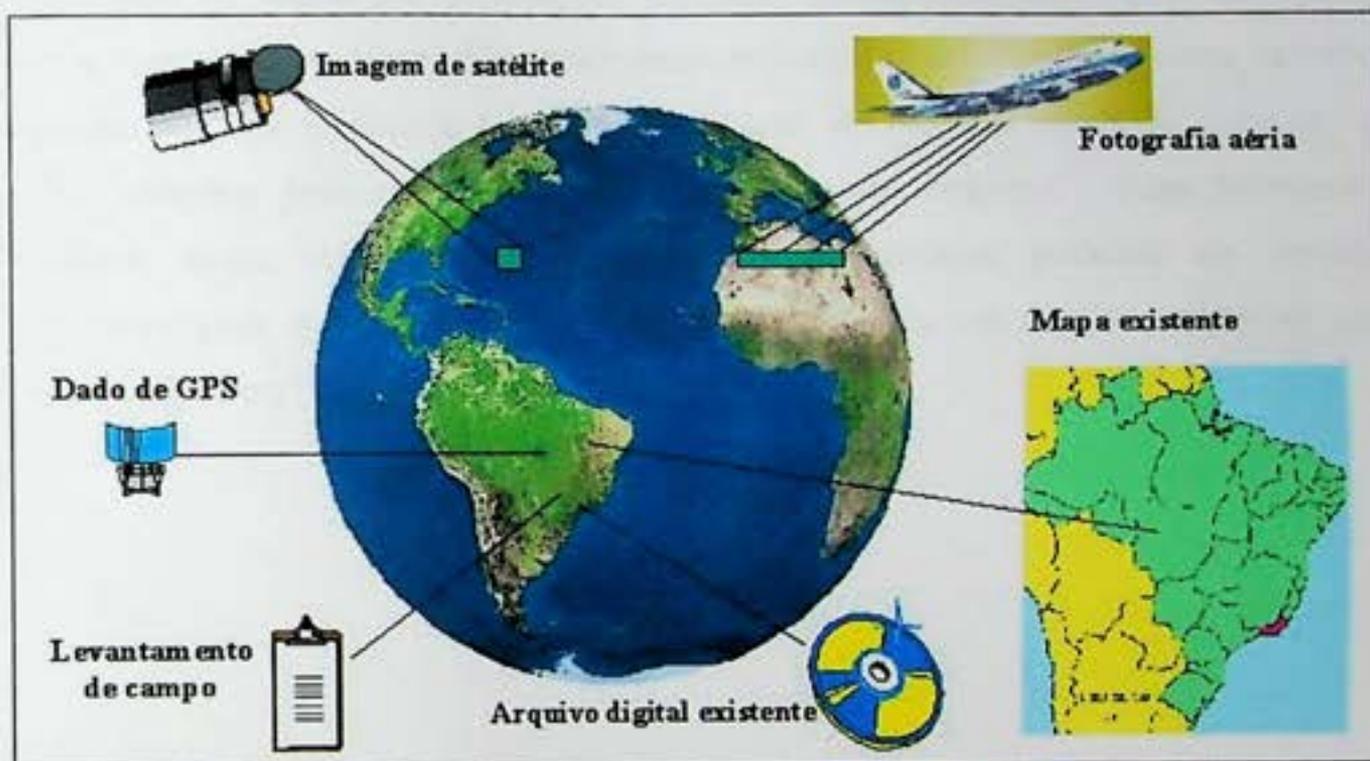


Figura 13: Fontes de dados para o SIG

O módulo de armazenamento é responsável por organizar tanto o dado gráfico quanto o dado não-gráfico, de tal forma que a funcionalidade de recuperação seja facilitada. Além disso, possui mecanismos para criação e validação da estrutura topológica. Denota-se por relacionamento topológico, ou simplesmente topologia, a estrutura de dados construída com o propósito de avaliar as relações (vizinhança, proximidade, pertinência e conectividade) existentes entre os objetos gráficos em sua dimensão física. Usualmente, o dado não-gráfico é armazenado em ambiente de SGBD, enquanto os dados gráficos são armazenados em estruturas seqüenciais, podendo ser em formato proprietário do SIG ou de um CAD de mercado.

O módulo de recuperação possibilita tanto realizar operações comuns (consultas e análises estatísticas) ao banco de dados, envolvendo seus dados não-gráficos, como também efetuar cruzamentos entre diversas camadas de dados gráficos, gerando uma

nova camada de dados. No entanto, a principal característica que o diferencia dos demais sistemas é a capacidade de realizar operações complexas, envolvendo tanto o dado gráfico quanto o não-gráfico, considerando ainda em suas consultas os relacionamentos topológicos.

O módulo de exibição disponibiliza um conjunto de ferramentas que possibilita ao usuário produzir a "arte final do mapa", assegurando a produção de mapas cartograficamente consistentes e de alta qualidade visual. Além disso, é possível trocar simbologias de linhas por convenções adotadas internacionalmente pela cartografia, colocar toponímia no mapa, diferenciar áreas através de hachuras, representar carimbos existentes em sua biblioteca, tais como, indicação do Norte e escala de exibição, ou ainda, carimbos personalizados como o logotipo da empresa. Suas ferramentas permitem, ainda, saídas em diferentes escalas e formatos, podendo ser enviadas diretamente para o dispositivo de saída ou armazenados em arquivos especiais para futura exibição ou "plotagem".

CAPÍTULO 4

PERSPECTIVA E ORGANIZAÇÃO METODOLÓGICA

Nos tempos atuais, observa-se uma necessidade crescente de conhecer, quantificar, qualificar e delimitar os eventos de natureza sócio-ambientais no espaço e no tempo, e em diferentes escalas de percepções, utilizando uma visão sistêmica. Além disso, busca-se analisar os fenômenos de forma integrada, evoluindo da atitude holística empírica para uma atitude científica capaz de acompanhar sistematicamente a sustentabilidade dos sistemas ambientais.

Este quadro tornou-se um campo fértil para o desenvolvimento de metodologias de aquisição, transformação e disponibilização de dados desta natureza, apoiadas nas tecnologias computacionais.

Notadamente, o Brasil necessita urgentemente de mecanismos modernos que facilite a aquisição, a transformação e o acesso a dados geoambientais de forma democrática por toda comunidade. Isto se justifica pela vasta extensão territorial do país, por sua diversidade ambiental e pelo fato de que grande parte do pouco levantamento existente encontra-se descentralizado e armazenado, em órgãos e instituições oficiais, nos mais diferentes meios e formatos. O primeiro passo necessário para o desenvolvimento de uma proposta de trabalho é a criação de um método. Assim, esta proposta apoia-se no axioma de que o simples, para todos os atores, é sempre o melhor caminho para chegar aos objetivos e servir de modelo. O segundo passo é a aplicação do modelo proposto na geração de resultados.

A concepção do roteiro metodológico estabelece uma integração lógica dos diferentes dados disponíveis em correlação com as diretrizes e metas defendidas em uma proposta de desenvolvimento (CÁRDENAS *et al.*, 1999). O roteiro desenvolvido utiliza-se de recursos materiais de acesso imediato e que não necessite de ambientes computacionais complexos para serem transformados. Para tanto, a construção do ITA encontra-se fortemente apoiada no pressuposto de que é possível mapear as principais classes de cobertura e uso da terra a partir da classificação de imagens do satélite Sino-Brasileiro CBERS, do sensor CCD, para mapeamento temáticos regional, escalas entre

1:250.000 e 1:100.000. Além disto, tem-se como fonte complementar e de verificação da qualidade os seguintes elementos: o uso do MDE do programa SRTM; o levantamento de campo; a avaliação dos dados censitários; e a utilização de dados de mapeamentos correlatos recentemente realizados na área.

4.1 - Análise de Requisitos

Compreende o levantamento criterioso de todo material básico necessário ao projeto levando-se em consideração os níveis de detalhamento pretendido em função da escala de trabalho e dos objetivos finais do projeto. Deve-se buscar, ainda: a identificação de fontes e qualidade do material; a compatibilização das datas de levantamento entre os insumos; a identificação de formatos; e o volume dos dados envolvidos. Considera-se como insumo básico os seguintes materiais:

- Levantamento bibliográfico;
- Levantamento e aquisição das feições gráficas que irão compor a Base Cartográfica Simplificada para apoiar o tema, tais como: elementos de drenagens, divisão política municipal, estradas, ferrovias e outros elementos representativos na escala de trabalho;
- Obtenção das imagens CBERS que cobrem as áreas em duas épocas do ano, visando minimizar dúvidas de mapeamento, e considerando, ainda, o período do levantamento dos dados censitários usados na criação do IDH-M;
- Aquisição dos dados relativos à população e dos índices que compõem o IDH-M;
- Obtenção das imagens do SRTM que cobrem a área;
- Obtenção de mapeamentos recentes de cobertura e uso da terra realizados por instituições credenciadas. Ressalta-se que as classes utilizadas em mapeamentos produzidas por instituições distintas requerem um esforço adicional de compatibilização.

Ao final desta etapa, todo material deve estar organizado e estruturado no ambiente de desenvolvimento.

4.2 - Elaboração da Base Cartográfica Simplificada

As informações geográficas necessitam de um referencial para sua localização. Em ambiente de SIG, a utilização de uma base espacial digitalizada é parte essencial em todos os projetos temáticos. A compilação e compatibilização da Base Cartográfica Simplificada para apoiar a interpretação temática fazem parte de uma fase que requer um cuidado especial, uma vez que todos os outros componentes gráficos estão georreferenciados a esta. A partir da Base do Sistema Cartográfico Brasileiro, quando esta satisfizer os requisitos do projeto, devem ser incorporados os elementos que irão compor a Base Cartográfica Simplificada, de tal forma que não falte elementos para o processamento temático e não tenha excesso de elementos que possam comprometer a visualização dos eventos do tema. No caso de a Base oficial não atender, ou não existir a Base Cartográfica Simplificada para a área, pode-se construir uma por compilação de imagens e levantamento de campo. São considerados elementos essenciais na Base Cartográfica Simplificada para cobertura e uso da terra: a rede de drenagem, o sistema viário, os limites políticos, as localizações pontuais de cidades, os pontos de interesse, os limites naturais (bacias, serras) e elementos da hipsografia (curvas de níveis e pontos cotados).

Esta base permite não só uma localização rápida dos eventos como também é parte integrante no processamento temático em aspectos como:

- Os elementos principais aparecem como delimitador do tema;
- O uso do recurso de simulação a partir de diversos modelos analíticos deve considerar, também, elementos da base;
- A apresentação final, na forma de mapa, deve mostrar outros elementos que não foram incorporados pelo tema (limites políticos, localização de cidades, localização de grandes obras e edificações).

Além disto, em se tratando da temática de cobertura e uso da terra, a base Cartográfica de referência pode mostrar aspectos significativos para a interpretação temática. A análise das redes rodoviária, ferroviária e hidroviária da infra-estrutura, juntamente com a visão da distribuição das sedes municipais, pode ser um bom parâmetro para entender a dinâmica e grau da ocupação da área.

4.3 - Desenho do Modelo Digital de Elevação

A utilização do Modelo Digital de Elevação disponibilizado pelo projeto SRTM tem como objetivo a compartimentização da área, considerando intervalos de altitudes e geração do mapa de declividade.

A geração destes produtos visa auxiliar na caracterização da área e na verificação de classes do mapeamento. Por exemplo, quando o classificador automático mapear uma área como corpo d'água em uma região de montanha, é possível confirmar se verdadeiramente é um corpo d'água em um alvéolo intermontano, ou uma área com declividade alta que se apresentou como sombra na imagem do satélite, levando o interpretador a uma classificação. Uma outra aplicação diz respeito à classificação das fitofisionomias, considerando as latitudes e altitudes da área (VELOSO, 1991).

4.4 - Classificação Preliminar

Em geral, uma imagem de satélite bruta, na forma em que foi adquirida pelo sensor, carrega uma série de imperfeições decorrentes da complexidade de sua aquisição. Além disto, um sensor é projetado para adquirir imagens de forma genérica, isto é, sem nenhum objetivo específico, necessitando, portanto, que um conjunto de técnicas seja aplicado não só para corrigir ou atenuar essas imperfeições, como também para adequá-las aos usos a que se destina. No contexto deste estudo, a imagem é classificada para fornecer elementos para o mapeamento do tema cobertura e uso da terra. Para tanto, antes da classificação propriamente dita, é necessário reposicionar as imagens que cobrem a área, juntá-las e recortar o mosaico obtido nos limites da área.

Georreferenciamento

É o processo pelo qual se reposiciona uma imagem tendo como referência um arquivo de desenho ou outra imagem. O georreferenciamento de uma imagem para um mapa vetorial envolve o endereçamento ou transposição das coordenadas da imagem para as coordenadas do arquivo de desenho vetorial. O georreferenciamento de uma imagem para outra imagem envolve o transporte das coordenadas de uma imagem para as coordenadas da outra. Este processo caracteriza-se pela coleta de pontos notáveis, conhecidos como pontos de controle, que possuem correspondência clara nos arquivos

envolvidos e na utilização um modelo matemático para calcular o melhor ajustamento entre os arquivos envolvidos.

Mosaico e Corte

Após proceder ao registro de cenas que possuam área de sobreposição, é possível criar uma única imagem através do "Mosaico" destas Imagens, processo que só poderá ser executado sobre imagens com mesma rotação, mesma matriz de valores (tamanho de pixel), mesmo tipo (composição colorida ou monocromática) e com mesma orientação de linha de varredura.

Durante o processo de mosaico, a tabela de cores da imagem de saída é baseada na primeira imagem selecionada. Assim, se as duas imagens envolvidas não possuírem similaridade dos valores de seus *pixels* na imagem resultante, as diferenças aparecerão. Objetivando ter ao final similitude entre todos os *pixels* da imagem resultante, é recomendável que se iguale as médias dos valores de brilho das imagens envolvidas. Neste processo, as informações sobre os valores de brilho originais (imagem entrada) e transformados (imagem saída) são ajustados por uma função de transferência de contraste.

Classificação de Imagem

O procedimento de classificação de uma imagem consiste de um conjunto de técnicas quantitativas que são usadas para interpretar o significado da reflectância armazenada nos "pixels" da imagem. O objetivo destas técnicas é reconhecer padrões de objetos homogêneos, agrupando-os em classes correspondentes ao tema de interesse. As técnicas de classificação digital estão divididas em classificação unidimensional e classificação multiespectral.

Uma classificação é dita unidimensional quando se aplica somente a um canal (banda) espectral. A técnica mais simples de classificação unidimensional é o fatiamento. Esta técnica consiste em dividir a imagem em intervalos de DN's, baseando-se, geralmente, na análise do histograma e no conhecimento do técnico classificador sobre a resposta espectral do canal a ser utilizado na classificação. Aos *pixels* que compõem cada intervalo, é atribuída uma legenda (cor, símbolo, descrição, etc.) correspondente à classe temática que este conjunto representa.

Uma classificação é dita multiespectral quando o resultado da classificação depende da distribuição de DN's de vários canais espectrais. Estas técnicas podem ser executadas de dois modos: supervisionado e não-supervisionado. No modo supervisionado, o classificador depende de informações sobre a área de estudo e das características espectrais das bandas envolvidas na classificação. De posse destas informações, o primeiro passo do processo é a identificação de grupos representativos de *pixels* de cada classe da imagem. Este processo é denominado de treinamento, ou seja, reconhecimento da assinatura espectral de cada classe. A seguir, utilizando-se do treinamento, as rotinas computacionais identificam outros grupos de *pixels* (áreas) que compartilham as características espectrais da classe em questão. No modo não-supervisionado, o classificador utiliza somente técnicas estatísticas para dividir a imagem em conjuntos de classes, baseando-se unicamente na qualidade espectral dos "pixels". O número de classes é escolhido pelo classificador, obedecendo o critério de heterogeneidade entre si, e as classes são distribuídas em todo o intervalo de DN's oferecido pela imagem. A identificação de cada classe é determinada após o processo de classificação, usando para tal, interpretação visual e informações adicionais sobre a área de estudo.

Qualquer que seja o tipo de classificação digital, a checagem da acuracidade da imagem classificada é parte integrante do processo. Se a acuracidade de classificação não atingiu um percentual aceitável (em torno de 90%, para a maioria dos autores), o processo deve ser repetido no todo ou em parte, até que se atinja o percentual aceitável. Em Curran (1985), encontra-se um amplo estudo sobre determinação de acuracidade.

Neste trabalho, adota-se o modo de classificação supervisionada, porém utilizando-se do processo automático de segmentação. O uso da técnica de segmentação de imagem na fase anterior à classificação permite discretizar objetos relevantes para a aplicação desejada. Neste processo, a imagem é dividida em regiões¹ que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação (INPE, 2005).

¹ Entende-se por regiões, um conjunto de "pixels" contíguos, que apresentam certa uniformidade.

4.5 - Desenvolvimento do Banco de Dados Geográfico

Um banco de dados geográfico difere fundamentalmente de um banco de dados convencional pela própria natureza espacial e a multidisciplinaridade dos seus dados.

Uma base de dados geográfica compreende, usualmente, dois tipos de repositório: um, onde são armazenadas as feições geográficas (pontos, linhas, polígonos, etc.) e outro, onde são armazenadas as informações textuais relativas a estas feições. A integração deste ambiente é feita por um Sistema de Informações Geográficas (SIG), onde as informações gráficas são gerenciadas pelo próprio SIG e as informações textuais podem ser gerenciadas tanto por aplicativos embutidos no próprio SIG quanto por Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) independentes, porém, visto pelo SIG.

O uso de SGBDs para tratar dados textuais além de possibilitar maior flexibilidade para organizar eficientemente estas informações, oferece ainda mecanismos tais como: segurança de armazenamento, validação e controle de acesso, compartilhamento por diversos usuários, acesso concorrente, meios eficazes de disseminação, proteção contra falha de sistema, dentre outros.

Projeto Conceitual do Banco de Dados

Envolve a criação de um modelo conceitual que é uma representação abstrata e simplificada do mundo real observado, onde os requisitos dos diferentes grupos de usuários são integrados e compatibilizados. Nesta etapa são definidos os elementos de dados, seus domínios, os grupos segundo características próprias de seus elementos e os relacionamentos entre estes.

Os principais objetivos da modelagem conceitual são: representar de forma simples e esquemática o ambiente observado, servir de instrumento para comunicação entre as pessoas envolvidas nas diferentes áreas temáticas e diferentes níveis técnicos, favorecer o processo de verificação e validação, estabelecer conceitos únicos a partir de visões diversas e, servir como referencial para a geração do projeto físico e das estruturas para armazenamento dos dados.

Projeto Físico do Banco de Dados

Um projeto físico de BD de dados espacial caracteriza-se, normalmente, por adaptar o modelo conceitual às características particulares do SGBD utilizado para sua implementação. No entanto, em projetos desta natureza, além das transformações normais, outras adaptações influenciam de forma decisiva na estrutura a ser criada, tendo em vista ainda a necessidade do modelo também se adaptar as particularidades do SIG.

4.6 - Apoio de Campo

A verdade da observação levantada no local do evento é sempre incontestável e absoluta e predomina sobre qualquer outro tipo de levantamento. Além disso, servem para balizar e validar informações obtidas de forma indireta. Estas afirmativas por si só já mostram a importância do levantamento de campo em qualquer iniciativa de mapeamento. O número de visitas ao campo e a quantidade de pontos a ser levantados está diretamente relacionado ao conhecimento e a complexidade da área e os resultados desejados. Os levantamentos de campo devem ser realizados, pelo menos, em dois momentos do desenvolvimento do trabalho. O primeiro para reconhecimento dos padrões dos alvos da área e levantamento de pontos de controle para o georreferenciamento refinado das imagens digitais. O segundo para dizimar dúvidas da classificação digital validar o mapeamento realizado.

Todas as observações realizadas devem ter uma identificação única e uma descrição consistente que torne possível sua localização em laboratório. Assim, deve constar da descrição do ponto de apoio: a instituição responsável e o nome do projeto para o qual o ponto foi levantamento, os nomes dos participantes, a localização do ponto visitado através de um par de coordenadas, obtidas por sistema de posicionamento global (GPS) com a descrição do equipamento e a sua precisão em metros; uma descrição textual de localização; a data do levantamento; a tipologia de cobertura e uso da terra predominante; uma fotografia, pelo menos, tendo como centro o ponto onde foi coletado as coordenadas; a descrição do relevo; o tipo de solo e uma descrição complementar do ambiente. Para se obter um levantamento padronizado, compatível com a estrutura de dados, necessita-se a utilização de um documento devidamente estruturado, conhecido como caderneta de campo (Anexo I).

4.7 - Integração e Elaboração do Mapa de Cobertura e Uso da Terra

Caracteriza-se pelo estudo integrado de todo material levantado buscando uma primeira aproximação no sentido de ajustar classes de cobertura e uso da imagem classificada. Também é objetivo desta etapa preparar estratégias para o levantamento de campo. Para tanto, deve fazer parte desta etapa os seguintes passos:

- Gerar a classificação Final que se dá com refinamento da classificação inicial gerada na fase de integração preliminar. Nesta etapa, a segmentação inicial é utilizada para refinar a classificação final, podendo ocorrer: a união de objetos por junção de classes; o aparecimento de novas classes com a separação segmentos vizinhos da segmentação inicial; nova designação classes duvidosas tendo como fonte às informações obtidas em campo.
- Confrontar mapeamento existente com a classificação final
- Utilizar o MDE para validar a classificação automática
- Identificar áreas para validação de campo
- Analisar a infra-estrutura de acesso
- Preparar material para levantamento de campo.
- Confrontar a classificação preliminar com os arquivos digitais das interpretações originais do último mapeamento do RADAMBRASIL, buscando garantir mapeamento das áreas naturais.

Elaboração do Mapa de Cobertura e Uso da Terra

A elaboração final do mapeamento de cobertura e uso tem na classificação automática final sua principal fonte de dados. O levantamento de campo e os dados secundários proveniente de recenseamento também são usados nesta fase. Além da compilação desses dados, o mapeamento final da área estudada incorpora ainda elementos da rede hidrográfica e linhas representativas do sistema viário.

Percebe-se que no mapeamento do tema utilizando imagens de satélites, os padrões de cobertura são facilmente isolados e uma vez identificados pode servir de parâmetros para identificação de outras áreas. Por outro lado, identificar padrões de uso em imagens não é uma tarefa fácil e, quando isso acontece, não pode ser estendido a

outros polígonos. Neste caso, é indispensável a informação de campo, assim como, é importante interpretar dados de outras áreas temáticas (geomorfologia, solos, geologia, sócio-economia). Além disso, fica claro que em um padrão de cobertura vindo da classificação de imagem pode conter várias atividades (usos). Por esses motivos, criou-se uma variável para armazenar a característica da cobertura e outra para armazenar o uso ou os usos em uma determinada cobertura.

A delimitação das áreas encontra-se balizada nas tipologias das unidades de cobertura. As tipologias que caracterizam a cobertura da terra utilizadas no processo de delimitação das unidades de mapeamento (polígonos do tema) têm por base mapeamentos anteriores e o sistema de classificação o sistema proposto por VIEIRA (2005). A seguir é apresentado o conjunto de classes estabelecido, considerando as especificidades da área e as respostas da metodologia desenvolvida:

- Floresta (F) - caracteriza-se por concentrar um conjunto de espécies pertencentes a um mesmo tipo que se apresenta em quatro estratos bem definidos: herbáceo, arbustivo, arvoreta e arbóreo que pode variar entre 15 m e 40 m de altura. Desenvolvem-se em regiões chuvosas, e temperaturas médias anuais elevadas e são encontradas, na área de estudo, em locais mais elevados. Incluem-se, nesta classe, a floresta natural e a floresta secundária. A primeira representa os remanescentes de floresta natural primitiva que, na época do descobrimento do Brasil, cobria o litoral desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte, e hoje fazem parte da mata atlântica. A segunda são áreas que foram alteradas pela ação do homem e encontra-se em estágio de regeneração natural avançada não perceptível por observações indiretas como no caso de imagens de satélites. Fonte: (IBGE, no prelo), modificado.
- Restinga (Re) - área de vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea de pequeno porte, trepadeiras e epífitas (orquídeas, bromélias), também conhecidas por comunidade edáfica por depender mais da natureza do solo do que do clima que se desenvolvem em áreas arenosas sob influência marinha. Apresenta-se formando mosaico sendo encontrados em praias, cordões arenosos, dunas e depressões ao longo de todo litoral brasileiro. Fonte: (BRASIL, 1993), modificado.

- Mangue (M) - área de vegetação pioneira de porte arbustivo-arbóreo especializada, capaz de suportar a salinidade das águas e a oscilação das marés que se desenvolve sobre solos lodosos, com influência flúvio-marinha, em áreas salobras de fundo de baías e na desembocadura de cursos de água. São incluídos também nesta classe os extratos formados “apicuns” que possuem vegetação halófito herbácea, quando aparecem em substrato lodoso. Trata-se de ambiente rico em nutrientes que ocorre de forma dispersa ao longo do litoral brasileiro. Fonte: (CIDE, 2000), modificado.
- Área Rural (AR) - área onde a vegetação natural primitiva foi modificada ou substituída por outra para servir a produção de culturas, a criação de animais e a moradia de colonos em pequenos agrupamentos de casas, normalmente, associados a programas de assentamento rural. Pode ocorrer, também, pequenos substratos da vegetação primitiva que sobreviveram ao uso ou que ressurgiram a partir de sementes transportadas por animais, vento ou água. Incluem-se, também, nesta classe, campos ocupados por capim colônia que substituíram campos de cultivos ou pastagens. Ocorrem, normalmente, próximos aos centros urbanos ou em regiões de fronteira agrícolas.
- Reflorestamento (R) - área onde a vegetação natural foi substituída por vegetação plantada arbórea de um único tipo, destinada à exploração comercial ou compensação ambiental. Quando o reflorestamento é a atividade econômica, isto se torna um processo cíclico que significa a derrubada das árvores quando estas atingem o tamanho ideal e o replantio de novas árvores substituindo as anteriores. Para o aproveitamento da indústria madeireira, e para fabricação de papel e celulose, geralmente são utilizadas espécies arbóreas, como Pinus e Eucalipto. Ocorrem em grandes mosaicos próximos aos complexos industriais a que se destinam. Podem aparecer ainda em grupos de indivíduos isolados quando não é usado com fins comerciais. Na área de estudo aparece, com frequência, reflorestamento de eucalipto concentrado em grandes áreas contíguas, em pequenos grupos de indivíduos e isolado e em indivíduos espalhados.
- Urbano Intenso (UI) - área construída formando por um tecido contínuo único que se caracteriza por apresentar, em sua maior parte, edificações verticais,

ocorrendo também todo tipo de estruturas urbanas (rodovias; redes de energia e comunicações; fábricas; complexos industriais e comerciais; escolas, clubes). Ocorrem em todos os centros importantes distribuído por todo o território. Aparecem na área de estudo com muita representatividade no município do Rio de Janeiro e em torno das sedes municipais dos outros municípios envolvidos. Apresenta-se com muita nitidez na imagem CBERS, no entanto, não possibilita o mínimo de distinção entre os seus elementos constituintes.

- Urbano Fragmentado (UF) - área construída esparsa entremeada por áreas verdes ou terrenos vazios, apresenta-se como um bloco de edificações fragmentadas, em sua maior parte horizontal, separados em quadras pela infra-estrutura de transporte. Ocorrem na periferia de grandes cidades e em regiões de veraneio. As duas formas de ocorrências são encontradas na área de estudo, a primeira associada à ocupação permanente e segunda ao longo do litoral ligada ao turismo de ocupação temporária. Apresenta-se com muita nitidez na imagem CBERS.
- Área de Mineração (AM) - área onde ocorrem processos de extração de minerais. Incluem-se, nesta classe, as áreas de executadas a extração de areia e brita. As duas formas de ocorrências são encontradas na área de estudo. As áreas de extração de areia encontradas na área de estudo apresentam-se com muita nitidez na imagem CBERS por apresentar características marcantes: grupamentos de pequenos depósitos de água separados por solo exposto.
- Solo Exposto (SE) - área onde não se observa qualquer tipo de cobertura; ou a cobertura vegetal foi removida por atividades desenvolvidas pelo homem ou pela própria condição natureza da de solo (praia, dunas, deslizamento). Apresenta-se com muita nitidez na imagem CBERS.
- Corpo d'água (CA) - área representada por qualquer tipo de corpo d'água. Encontra-se contemplado nesta classe e água salgada, doce ou salobra, localizada externa ou internamente às superfícies terrestres, continentais ou insulares. Apresenta-se com muita nitidez na imagem CBERS.

- Vegetação Secundária (VS) - área de floresta natural que foi devastada, pela ação do homem ou por fenômenos naturais, mas que se encontra em processo de regeneração natural ou induzida pelo homem.

Completando a caracterização do mapeamento, as tipologias de uso utilizadas nesta tese tiveram por base o Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 1999) e Sistema de Classificação de Cobertura e Uso proposto por Vieira (2005). São apresentados, abaixo, o nome e uma descrição sucinta do que representa cada tipologia:

- Agropecuária de Subsistência (APs) - atividade que se caracteriza por apresentar em uma mesma área agricultura e pecuária podendo apresentar relações mútuas. Praticada em geral por pequenos e médios produtores que utilizam prática tradicional de cultivo e de manejo, onde a produção tem por finalidade a subsistência familiar.
- Cultivo de Espécies de Florestais (EF) - atividade agrícola, conhecida como silvicultura, referente ao plantio (florestamento) ou replantio (reflorestamento) de espécies florestais, nativas ou não.
- Mineração a Céu Aberto (MCA) - atividade de extração de bens minerais, com utilização de maquinário básico para o seu beneficiamento, lavrados por métodos tradicionais a céu aberto, ou seja, em.
- Extrativismo Animal (EA) - atividade referente à caça e à cata de mariscos e crustáceos.
- Extrativismo Vegetal (EV) - atividade referente à coleta ou retirada de qualquer produto de origem vegetal nativo.
- Extrativismo Mineral (EM) - atividade referente à retirada de produtos minerais diretamente da terra sem beneficiamento.
- Turismo (T) - atividade caracterizada por visitas temporárias de pessoas a um local que possua atrativos destinados à prática do lazer.
- Uso Misto Urbano (UMU) - atividade (residencial, industrial, comercial e de serviços) desenvolvida em áreas urbana intensa ou fragmentada, que se apresenta de forma individualizada na unidade de observação.

- Uso Restrito (UR) - atividade que se desenvolve em uma área restrita com uma legislação particular que determina o tipo de uso e o acesso, como por exemplo, área de atividade militar.

4.8 - Estabelecimento do ITA

Esta etapa consiste na aplicação da fórmula do ITA, proposta no capítulo 2. Para isso, torna-se necessário o cruzamento da camada de limites municipais com o mapeamento produzido de cobertura e uso da terra. A seguir, o cálculo de áreas na camada resultante do cruzamento é reprocessado. Por fim, executa-se uma série de cálculos até chegar ao ITA.

4.9 - Integração IDH-M e ITA

Esta etapa consiste na busca de mecanismos de integração do ITA, produzido na etapa anterior, com o IDH-M, oriundo do IPEA, e na geração de resultados por meio de mapas e de tabelas que possam ser representados no nível municipal.

CAPÍTULO 5

◆──◆

**MODELO APLICADO AOS MUNICÍPIOS INSERIDOS
NA BACIA DE SEPETIBA**

Localizados no centro sul do Estado do Rio de Janeiro, os municípios que integram a área de trabalho (Figura 14) abrangem aproximadamente 4.782 km² e têm como referência natural a Bacia hidrográfica de Sepetiba, com área aproximada de 2.700 km², que corresponde cerca de 56 % de toda a área dos municípios e por volta de 4,4% da área do estado.

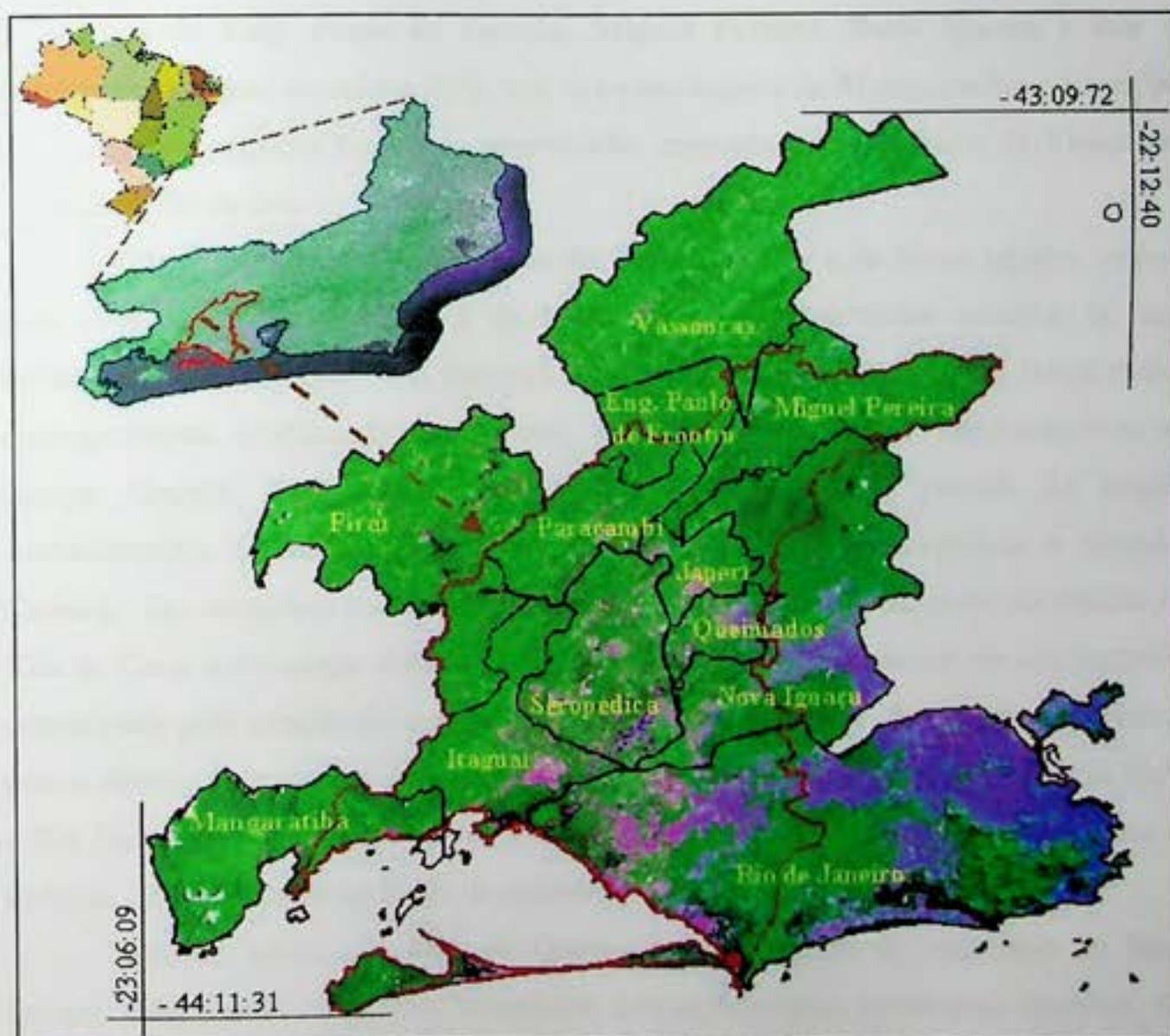


Figura 14: Localização da área de estudo

Esta bacia está delimitada a oeste pela vertente oceânica, ao norte pelo domínio serrano da unidade geomorfológica da Serra do Mar e a leste pelos maciços da Pedra Branca e Mendanha que drenam para a Baía de Sepetiba. A bacia de Sepetiba, aqui descrita, considera a delimitação utilizada por Costa (2003).

5.1 - Divisão Política dos Municípios que Participam da Bacia de Sepetiba

De acordo com a divisão política do IBGE para o censo 2000, doze municípios possuem limites de seus territórios dentro da bacia de Sepetiba, com áreas totalizando cerca de 2700 km². Todos estes municípios contribuem diretamente, porém de forma diferenciada, nos processos sócio-ambientais da bacia. Estão totalmente dentro da Bacia os municípios de **Itaguaí, Seropédica e Japeri**; quase que totalmente os municípios de **Queimados e Paracambi**; com áreas significativas, acima de 40%, os municípios de **Eng. Paulo de Frontin, Miguel Pereira, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro**; com áreas superior a 20%, tem-se os municípios de **Mangaratiba e Pirai**; por fim, com uma pequena parcela de contribuição, encontra-se o município de **Vassouras**, cerca de 2,5% da área.

Vale ressaltar que os municípios do Rio de Janeiro e de Nova Iguaçu, embora com suas sedes municipais fora da Bacia, possuem importantes parcelas de seus territórios nela incluídas. Do município do Rio de Janeiro, situa-se na Bacia a área correspondente à chamada Zona Oeste, formada pelas Regiões Administrativas de Campo Grande, Santa Cruz e Guaratiba, além de pequena parcela da Região Administrativa de Bangu, compreendendo as localidades de Coqueiros e Senador Camará. Do município de Nova Iguaçu, situa-se, dentro da Bacia, parte do distrito de Vila de Cava e do antigo distrito de Cabuçu, o qual teve uma parcela de seu território emancipada pela criação do município de Queimados em 1993. Aglomerações urbanas destes distritos abrangidas pelos limites da Bacia incluem Jacerueba, Austin, Vila Nova e Rio Douro, no distrito de Vila de Cava e a maior delas, correspondente ao núcleo de Cabuçu, que se estende ao longo da rodovia RJ-105.

Nota-se, ainda, que além de Queimados, emancipado do município de Nova Iguaçu, dois outros municípios constituem desmembramentos municipais recentes, são eles: Japeri, desmembrado também do município de Nova Iguaçu; e Seropédica, desmembrado do município de Itaguaí. Este aspecto é relevante na medida em que as

atividades de planejamento e controle do uso do solo nos três municípios de emancipação mais recente são ainda quase que integralmente baseadas nos instrumentos dos municípios de origem.

Cabe ressaltar aqui a pequena contribuição territorial do município de Vassouras, por representar apenas 0,5% da área total da Bacia e 2,5% da área do município em região sem qualquer tipo de atividade econômica e, por consequência, não produzindo intervenção negativa significativa ao ambiente. Esta área será considerada somente no cômputo da área total de drenagem e no suporte ambiental da Bacia.

5.2 - Características Físicas da Área

Geologia e Relevo

De acordo com suas características geológicas, os municípios integrantes da Bacia de Sepetiba inserem-se na região do Escudo Atlântico da Plataforma Sul-Americana, sendo constituídos de rochas de composição granito-gnáissica de idade pré-cambriana, rochas intrusivas alcalinas e básicas mesozóicas e sedimentos coluviais, marinhos e fluviais de idade cenozóica.

As rochas, de idade geológica antiga, datam do arqueozóico e foram submetidas a metamorfismos diversos que produziram a intrusão de novos corpos graníticos e a metamorfização de rochas preexistentes, além de falhamentos e dobramentos. Dentre os corpos graníticos intrusivos, destacam-se alguns presentes nas colinas e maciços costeiros e em algumas porções do litoral de Mangaratiba.

As diversas formas de relevo que recobrem estes municípios resultam, principalmente, da sua história geológica, da litologia e de fatores paleoclimáticos: Inserem-se os Domínios de Depósitos Sedimentares e Faixa de Dobramentos Remobilizados, de acordo com a classificação de relevo do Projeto Radambrasil (1983). Os primeiros (??) localizam-se, predominantemente, na faixa litorânea, estendendo-se desde o oceano até as escarpas do planalto, representada pela Serra do Mar. A figura 15 apresenta as unidades geomorfológicas encontradas na área trabalhada.

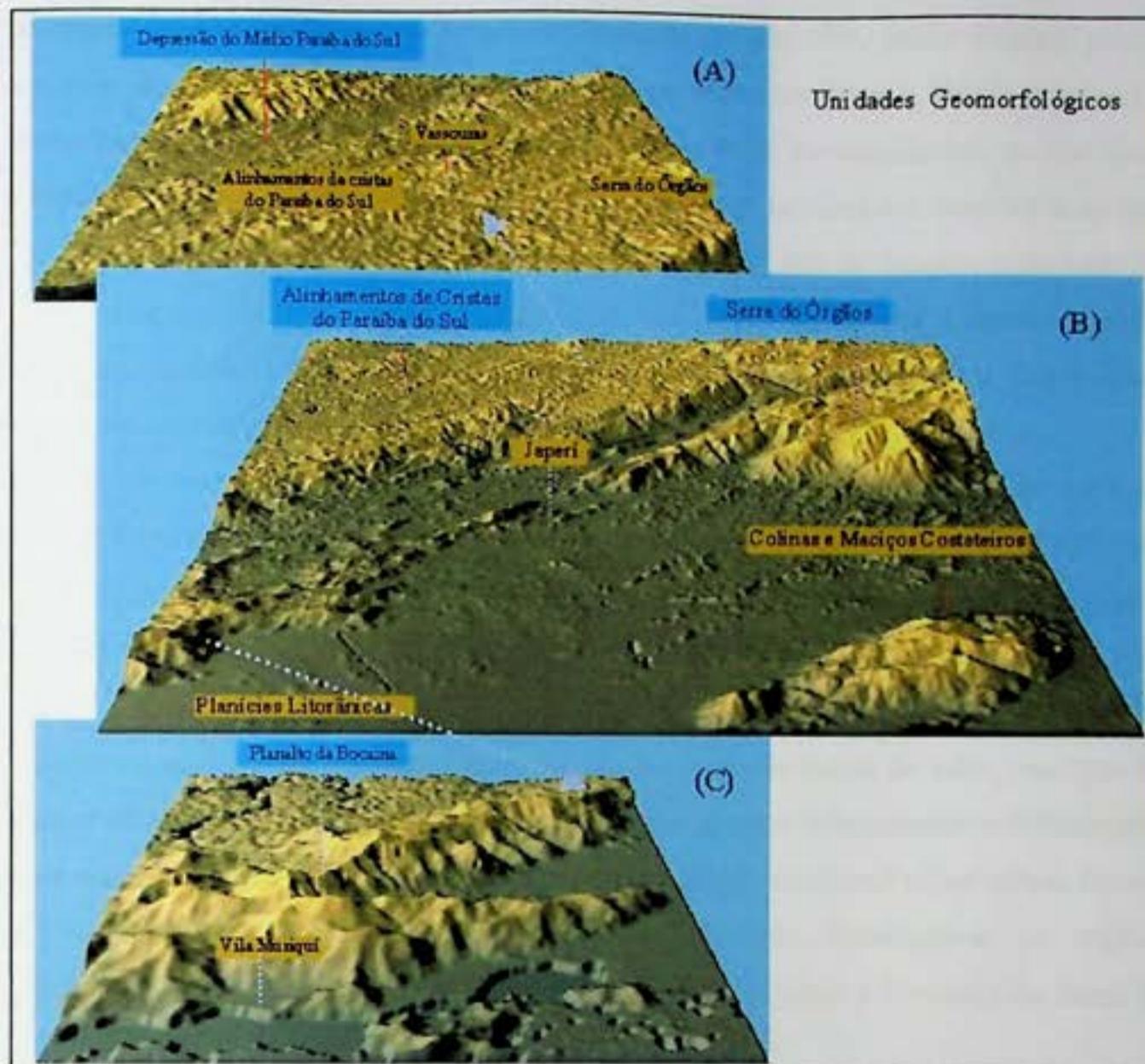


Figura 15: Visão por um MDE das unidades geomorfológicas

Os depósitos sedimentares têm sua origem relacionada ao Terciário Superior, quando uma epirogênese positiva, aliada às condições paleoclimáticas, propiciou a deposição de sedimentos através da ação das águas continentais e das vagas marinhas, compreendendo a região geomorfológica das Planícies Costeiras, onde se localizam as Planícies Litorâneas. Estas superfícies planas e de baixas altitudes, que se estendem desde a linha de costa até as encostas das colinas e maciços, acompanham os vales penetrando para o interior e constituem a baixada propriamente dita. São formadas por sedimentos quaternários, cuja origem está relacionada, entre outros fatores, às oscilações do nível do mar ocorridas no Pleistoceno e no Holoceno, a mudanças climáticas e à influência da tectônica regional. Os sedimentos quaternários podem ser marinhos, representados predominantemente por areias quartzosas, sendo encontrados,

de modo mais expressivo, ao longo da Baixada de Sepetiba, onde formam praias, cordões; de origem aluvionar, que compreendem depósitos fluviais, flúvio-marinhos e flúvio-lacustres, constituídos por cascalhos, areias e siltes inconsolidados, ou coluviais. Identificam-se com diversas formas de modelados, como as planícies, cordões arenosos, etc. Esta unidade tem maior expressão no município do Rio de Janeiro, sobretudo ao sul e oeste do território, onde ocorrem planícies marinhas, fluviais e fluviomarinhas. Planícies fluviais estendem-se também pelos municípios de Itaguaí e Seropédica, acompanhando os vales dos rios Guandu, Mazomba e Piranema.

Em torno dos modelados das Planícies Litorâneas localizam-se os terrenos pertencentes às Faixas de Dobramentos Remobilizados (RADAMBRASIL, 1983). Esta área compreende diferentes tipos de modelados, cuja origem está relacionada a períodos caracterizados por ciclos orogênicos responsáveis por dobramentos e falhamentos, que foram submetidos posteriormente à ação dos agentes erosivos. Novos eventos tectônicos no Terciário desenvolveram, na região, extensas linhas de falha, escarpas de grande altitude e relevos alinhados em função dos antigos dobramentos e falhamentos mais recentes, o que explica a preponderância do controle estrutural sobre outros fatores na evolução das formas de relevo. Neste Domínio, localizam-se as regiões geomorfológicas das Colinas e Maciços Costeiros, das Escarpas e Reversos da Serra do Mar e do Vale do Paraíba do Sul (RADAMBRASIL, 1983).

A região das Colinas e Maciços Costeiros compreende a unidade homônima, localizada, de modo geral, entre as planícies litorâneas e os terrenos correspondentes à Serra do Mar, podendo atingir a costa, formando pontões e falésias, como na região de Guaratiba. As colinas possuem altitudes inferiores às dos maciços e chegam a atingir 1.000 metros de altitude, como é o caso da Pedra Branca (1.020 m). As maiores expressões desta unidade ocorrem no município do Rio de Janeiro, com destaque para os maciços da Tijuca, da Pedra Branca e do Mendanha, este último também ocupando território de Nova Iguaçu.

A região das Escarpas e Reversos da Serra do Mar localiza-se mais para o interior, ao norte das Colinas e Maciços Costeiros, apresentando uma orientação geral SO-NE. A influência dominante dos agentes internos, causadores dos dobramentos e falhamentos arqueozóico e proterozóicos, dos sucessivos ciclos erosivos (no Paleozóico e Mesozóico), da reativação de falhas e da remobilização de blocos, ambos no terciário,

traduz-se em sua topografia acidentada. A presença de vales alongados, segmentos de drenagem retilíneos, linhas de cristas e de cumeadas paralelas, relevos com grandes desníveis altimétricos e escarpas íngremes caracteriza o relevo desta região. A mesma desempenha, ainda, importante papel na distribuição das chuvas, tornando mais chuvosas as áreas mais próximas às escarpas (chuvas orográficas). A principal unidade de relevo encontrada nesta região é a da Serra dos Órgãos que se estende desde Itaguaí até o norte do Estado, distribuindo-se pelos municípios de Mangaratiba, Itaguaí, Pirai, Seropédica, Paracambi, Eng. Paulo de Frontin, Miguel Pereira, Nova Iguaçu e pequeno trecho de Vassouras. Sua porção meridional apresenta escarpas escalonadas, divididas em espigões que se precipitam em direção às baixadas e colinas. A segunda unidade, do Planalto da Bocaina, representa um bloco montanhoso saliente com altitudes em torno de 1800 metros a noroeste e em torno de 1000 metros na borda da escarpa litorânea, evidenciando basculamento em direção ao litoral. Sua escarpa litorânea estende-se desde a serra de Muriqui até a serra do Parati, no estado do Rio de Janeiro, apresentando-se de forma bastante irregular, com grandes saliências e reentrâncias, onde, nas partes interiores, se instalaram pequenos setores de Planícies Litorâneas. Esta unidade ocupa toda a área do município de Mangaratiba, com exceção do setor litorâneo na enseada próxima a sede municipal, com planícies marinhas, e pequeno trecho a oeste de Itaguaí.

Na Região do médio Vale do Paraíba do Sul, ocorrem altimetrias que variam de cerca de 100 m, nas margens do rio Paraíba do Sul, até 1250 m, nos topos da cristas. Predominam litologias metassedimentares e ígneas, com trechos de depósitos sedimentares terciários e quaternários. Na área de estudo, destacam-se duas unidades geomorfológicas: a unidade dos Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul, que distribui-se no sentido nordeste-sudoeste, ocupando quase todo o território de Vassouras e Pirai e parte de Eng. Paulo de Frontin, salientando-se, nesse conjunto, sulcos estruturais, cristas, linhas de cumeadas e algumas escarpas erosivas; e a unidade da Depressão do Médio Paraíba do Sul, que aparece apenas em pequenos trechos a noroeste de Pirai e de Vassouras, na bacia do rio Paraíba do Sul. Nesta depressão registram-se altimetrias de 500 a 600 m, em sua maior parte, em contraste com os planaltos circundantes. As formas de relevo caracterizam-se predominantemente por

colinas convexas, integrantes do conjunto topográfico e morfológico da paisagem de “mar de morros”.

Solos

A influência das formas de relevo na área de estudo é marcante na configuração e na distribuição dos diversos tipos de solos que constituem os diferentes ambientes geomorfológicos, o que permite subdividi-los, de um modo geral, como solos das baixadas e solos das encostas (IEF, 1996).

Os terrenos planos e as depressões da baixada, apresentam geralmente condições de drenagem imperfeita formando quase sempre ambientes hidromórficos, com grande influência do lençol freático, que nessa área aparece muito próximo à superfície. Constituem-se basicamente de sedimentos quaternários que foram retrabalhados por diversos agentes (vento, ondas, correntes e etc.), associados ao desenvolvimento de restingas e dunas (depósitos arenosos), mangues (depósitos argilosos, argilo-siltosos e mistura de sedimentos arenosos e materiais orgânicos) e, ainda, aos alagadiços e aluviões nas áreas planas e represadas junto à costa (depósitos aluvionares). As classes de solos relacionadas a essas zonas de baixada são: Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos, Espodossolos, Planossolos, Neossolos Flúvicos e solos Orgânicos. Estes tipos de solos ocorrem com maior expressão a oeste e ao sul do município do Rio de Janeiro e nos municípios de Seropédica e Itaguaí, nas regiões das baixadas de Jacarepaguá e de Sepetiba.

O aumento da declividade em direção às serras reflete-se na presença de solos associados às variações de gradientes das encostas e à maior exposição à erosão, originários do intemperismo de rochas e sedimentos mais antigos. Nesse contexto, ocorrem Argissolos Vermelho-Amarelos associados a Neossolos Litólicos e afloramentos rochosos predominando nos municípios de Vassouras, Pirai, Seropédica, Nova Iguaçu, e manchas expressivas no Rio de Janeiro e Queimados

Os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem nas áreas que apresentam um relevo ondulado a fortemente ondulado, sendo os Argissolos Vermelho-Amarelos característicos das colinas e morrotes isolados nas baixadas. Distribuem-se pelos municípios de Managaratiba, Itaguaí, Seropédica, Vassouras, Nova Iguaçu, Japeri, e Rio de Janeiro.

5.3 - Histórico da Ocupação da Área

O processo de ocupação desta área encontra-se associado à dinâmica de povoamento da região Sudeste, especialmente do Estado do Rio de Janeiro, e aos ciclos econômicos a ela relacionados. Por sua posição geográfica, próxima ao litoral, o padrão de ocupação reflete-se na variedade de atividades produtivas aí desenvolvidas, muitas de elevado valor econômico, como atestam a presença de portos, terminais marítimos para petróleo e minérios, pesca, produção industrial e turismo. Por outro lado, sua localização no Domínio da Mata Atlântica, que inclui a presença de ecossistemas costeiros de grande importância como os manguezais, justifica o interesse que as áreas litorâneas despertaram no início da colonização da região.

AB'SABER & BERNARDES (1959) observam que no Brasil Sudeste, o povoamento do litoral precedeu a fixação em núcleos do interior, ao contrário do que ocorreu em quase todo o resto do território brasileiro, e que esta ocupação prendeu-se a origem e a evolução do Rio de Janeiro e São Paulo. Na região do Rio de Janeiro, especificamente, as condições favoráveis da baixada, prossegue o autor, facilitaram a expansão dos primeiros povoadores, com a implantação de engenhos de açúcar a partir do Recôncavo da Guanabara. Contudo, a ocupação das terras do Rio de Janeiro, no início do século XVI, resumia-se a tribos indígenas e aldeamentos, alguns dos quais embriões de futuras vilas e cidades, como os que deram origem a Mangaratiba e Itaguaí. Neste período, o interesse dos portugueses concentrou-se na exploração do pau-brasil, em razão de sua utilização na produção de tintura para tecidos, muito valorizada na Europa. A lavoura de cana-de-açúcar somente foi introduzida na baixada após a expulsão dos franceses em 1567, quando foi estimulada a ocupação das terras com a doação de sesmarias em torno da Baía de Guanabara.

No início do século XVII, a cana-de-açúcar era cultivada no litoral em terras dos atuais municípios de Nova Iguaçu, Magé, Duque de Caxias, São Gonçalo, Niterói e Rio de Janeiro. Esta atividade contribuiu para o surgimento de portos em diversas localidades da baixada que funcionavam como centros para áreas próximas com Angra dos Reis, Parati e Nova Iguaçu. A busca do ouro teve início ainda nesse século, embora o povoamento se mantivesse restrito ao litoral.

O desenvolvimento da mineração no século XVIII, em Minas Gerais, foi responsável pela abertura de caminhos para o escoamento de ouro e diamantes, bem

como para viabilizar o abastecimento de mercadorias das áreas mineradoras. Pelo Caminho Velho as cargas chegavam a Parati, de onde eram levadas ao porto do Rio de Janeiro; pelo Caminho Novo, atravessavam Pati do Alferes, chegando até a freguesia de Nossa Senhora da Estrela, ao fundo da Baía de Guanabara. Muitos povoados surgiram como pontos de parada de tropas, como Resende e Barra Mansa.

No primeiro quartel do século XIX, a atividade mineradora dava sinais de exaustão, ao mesmo tempo em que a atividade açucareira, com a valorização do açúcar na Europa, ganhava importância. Com ela renasciam as atividades agrícolas, com a introdução de uma nova cultura, o café, que viria imprimir sua marca e destacar-se como produto mais importante da economia do Império. Um leque de condições favoráveis, como a disponibilidade de terras, a mão-de-obra escrava e um grande mercado consumidor, impulsionou a expansão desta cultura, que teve desenvolvimento pleno no Vale do Paraíba e Região Serrana fluminenses, bem como em outras grandes áreas do Sudeste recobertas pela primitiva mata atlântica.

O crescimento da produção cafeeira, na segunda metade do século XIX, fomenta a expansão da malha ferroviária e o incremento das atividades do porto do Rio de Janeiro, promovendo, em contrapartida, a estagnação dos portos fluviais da baixada, bem como portos marítimos como os de Angra dos Reis e Mangaratiba.

O esgotamento dos solos e o fim do trabalho escravo em fins do século XIX atingem, em cheio, as regiões cafeeicultoras do Vale do Paraíba, cuja atividade econômica passou a ser a pecuária leiteira.

As primeiras décadas do século XX são marcadas pela transição do modelo agroexportador para o urbano-industrial, ainda que subsistissem, no estado, vestígios do antigo modelo na região norte fluminense – com o café – e na baixada de Guanabara e na bacia de Sepetiba – com o cultivo da laranja.

A modernização da agricultura brasileira a partir da segunda metade do século XX não dinamizou o espaço agrícola fluminense, refém do elevado preço da terra, de solos estagnados e de um precário sistema de transportes. A partir da década de 1960, fatores como a substituição de cultivos por pastagens, a mecanização da agricultura e os investimentos concentrados na Região Metropolitana, contribuíram para o êxodo rural, acelerando o processo de urbanização no estado, onde municípios como o Rio de Janeiro, Queimados e Japeri, por exemplo, apresentam índices de 100% de população

urbana. Este ritmo começa a diminuir a partir da década de 1980, especialmente na metrópole, em virtude do deslocamento de fábricas e investimentos para cidades médias, inclusive fora do eixo Rio-São Paulo.

No que diz respeito à bacia de Sepetiba, nas últimas décadas, seu povoamento tem sido realizado em função do crescimento dos anéis suburbanos em torno da metrópole do Rio de Janeiro, intercalando manchas densamente ocupadas com um processo de urbanização diluído em meio a projetos imobiliários a espera de valorização. O fato de a região ser atravessada por eixos de circulação que articulam São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, confere a ela uma posição estratégica, definida por pólos urbano-industriais localizados fora da área, sendo a mesma contemplada por planos de desenvolvimento que a concebem como uma zona de passagem e não como unidade ambiental. (ZEE-RJ, 1996).

De modo especial, no que se refere à ocupação da região em questão, destacam-se as obras de saneamento realizadas na baixada Sepetiba ou de Santa Cruz, localizada na zona oeste do município do Rio de Janeiro, entre os rios Itaguaí, Guandu-Mirim, a baía de Sepetiba e as serras da Paciência, Joaquim, Trindade e Sepetiba. Esta área, após um período de prosperidade e valorização econômica relacionada à ocupação dos jesuítas, que ali realizaram obras de engenharia hidráulica, enfrentou um período de abandono quando os cursos d'água tornaram a ficar obstruídos, causando novamente inundações na planície. Obras mais recentes de saneamento, executadas pelo governo federal na década de 1930, reabilitaram a região de Santa Cruz, tendo sido escolhido o canal de São Francisco para o escoadouro principal das cheias, com vertedouros para o rio Itaguaí, envolvendo a construção de diques ao longo deste rio e do Guandu-Açu, projetados com coroamento a um metro acima da cheia maior prevista. A água escoava para o rio Itaguaí e para os canais secundários Itá e Guandu, estes abastecidos por uma barragem de concreto na confluência do São Francisco e do Guandu-Açu. A esta rede entrosa-se o sistema de canais menores Guandu-Mirim, Goiaba, Água Branca e Cação Vermelho, estabelecendo, assim, o equilíbrio hidráulico dos rios que inundavam a planície de Santa Cruz. Lamego (1964) observa que já em 1939, seis anos após o início dos trabalhos, na bacia do Guandu-Açu, 1200 km² estavam definitivamente saneados.

Com base no Guia Sócio-econômico dos Municípios do Rio de Janeiro (CIDE), é apresentada a seguir uma síntese da ocupação dos municípios inseridos na Bacia de Sepetiba.

A cidade do Rio de Janeiro foi fundada em 1565, após a expulsão dos franceses, como núcleo fortificado para defender a baía de Guanabara assumindo, algumas décadas depois, a função de porto exportador do açúcar do recôncavo fluminense. A importância adquirida pela cidade motivou sua elevação a capital da colônia em 1763. Mais tarde, a vinda da família real e da corte portuguesa para o Brasil, em 1808, fortaleceu sua posição político-administrativa e de centro econômico. Com a proclamação da República, o Rio de Janeiro foi elevado à categoria de Distrito Federal e em 1960, após a transferência da capital federal para Brasília, transformado no Estado da Guanabara. Em 1975, com a fusão dos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, a antiga capital federal foi transformada no atual município do Rio de Janeiro.

A ocupação de Nova Iguaçu começou na segunda metade do século XVI, com a introdução do cultivo da cana-de-açúcar e a instalação de numerosos engenhos. No século XVIII, formou-se um pequeno povoado, parada obrigatória dos viajantes que iam para o Rio de Janeiro e Minas Gerais. Com a decadência da cultura canavieira, no início do século XX, a economia local volta-se, então, para o cultivo da laranja chegando a ser um importante polo produtor até década de 1970 do século passado. A infra-estrutura de transporte, inicialmente com a construção da Estrada de Ferro D. Pedro II, em 1858, e da rodovia Presidente Dutra muito contribuiu para o desenvolvimento da região, possibilitando a implantação de indústrias no município e facilitando a comunicação com o Rio de Janeiro. A partir da década de 1950, o município registrou um elevado crescimento demográfico e, com o incremento dos transportes de massa, principalmente nas ferrovias, transforma-se em cidade-dormitório dos trabalhadores da cidade do Rio de Janeiro. Na década de 1990, o município tem sua área reduzida com a emancipação dos distritos de Queimados (1990) e de Japeri (1991).

A ocupação de Itaguaí iniciou-se no século XVII com os grupos indígenas que habitavam a região, seguindo-se os missionários que iniciaram seu efetivo povoamento. A região manteve-se próspera até o final do século XIX devido à fertilidade de suas terras. No século XX, fatores como a realização de obras de saneamento, a implantação de indústrias, além da abertura da rodovia Presidente Dutra, permitiram o

desenvolvimento econômico do município. Em 1997 o município foi desmembrado do município o distrito de Seropédica, dando origem ao município do mesmo nome.

A ocupação de Mangaratiba começou por volta de 1534, com a doação das capitâneas hereditárias. Em 1615, teve início a construção de uma aldeia, depois transformada em freguesia, em 1794. O município fez parte de Angra dos Reis até 1818, quando passou a chamar-se vila de São Francisco Xavier de Itaguaí e em 1833 foi instalado o município de Mangaratiba. Com a abolição da escravatura, a produção agrícola, principal atividade econômica da região, entrou em decadência quando em 1914, a chegada da ferrovia trouxe novo impulso à região.

As terras do município de Paracambi integravam a antiga fazenda Santa Cruz, região colonizada pelos jesuítas no final do século XVIII, onde se desenvolveram a agricultura e a pecuária e, mesmo com o declínio da lavoura, a região constituía ponto de descanso de viajantes que subiam a serra. O progresso da região se acentuou quando esta passou a ser servida pela Estrada de Ferro Central do Brasil, em 1861, e também com a implantação de indústrias, inicialmente com a implantação de uma fábrica de tecidos fundada por ingleses.

O município de Engenheiro Paulo de Frontin era até o final do século XVI, habitado pelos índios Tamoios, constituindo nesta época um atalho trilhado por viajantes. Somente no século XVIII teve iniciada sua colonização.

As terras de Vassouras foram desbravadas inicialmente por Garcia Rodrigues Paes Leme, a fim de chegar ao Rio de Janeiro. Mais tarde, tornou-se ponto de passagem para viajantes, um conglomerado de pousos de tropa. Essa pequena várzea foi concedida, em 1782, a Luiz Homem de Azevedo e a Francisco Rodrigues Alves. Conhecida como a sesmaria de Vassouras e Rio Bonito, nesse local foi erguida a vila de Vassouras, na freguesia de Sacra Família do Tinguá, localidade ainda pouco povoada no princípio do século XIX. Em seu território desenvolveram-se lavouras de café, responsáveis pelo progresso e enriquecimento da economia da região. Considerada por muito tempo como núcleo da aristocracia rural fluminense, também enfrentou a decadência após a abolição da escravatura, o que levou os agricultores a dedicar-se ao cultivo de pequenas lavouras de hortaliças e cereais. No entanto, Vassouras beneficiou-se com a implantação de vias de transporte ferroviário e rodoviário, sendo elevada à categoria de cidade no ano de 1857.

Com sua história intimamente ligada a do município de Vassouras, Miguel Pereira também desenvolveu uma importante agricultura, contando com trabalho escravo. Da mesma forma, com a abolição da escravidão, em 1888, enfrentou grande decadência econômica. Em 1903 com a inauguração da estação ferroviária de Miguel Pereira, a economia local passa a um período de maior dinamismo.

Em Sydenstricker (1993a, 1993b) encontra-se uma vasta descrição dos aspectos sócio-econômicos e históricos da ocupação da área de estudo.

5.4 - Aspectos Sócio-econômicos Atuais

Somando-se as populações das regiões administrativas do município do Rio de Janeiro: de Campo Grande com 484.362, de Santa Cruz com 311.289 e Guaratiba com 101.205 habitantes, totalmente inseridas na bacia; mais as populações totais de Itaguaí com 91.551, Japeri com 92.254, Paracambi com 42.552, Queimados com 133.881 e Seropédica com 73.262, chega-se um total de 1.330.356. Considerando-se, ainda, cerca de 100.000 dos 817.117 habitantes do município de Nova Iguaçu, mais uma parcela significativa, cerca de 28.000 habitantes, dos municípios de Miguel Pereira com 26.188, Mangaratiba com 28.480, Engenheiro Paulo de Frontin com 12.217 e Pirai com 23.676, pode-se concluir que, atualmente, a Bacia de Sepetiba abriga uma população de cerca 1.470.000 habitantes. Assim sendo, pode-se dizer que a densidade demográfica atual na bacia é algo em torno de 500 habitantes por km², dez vezes menos que a densidade demográfica do município do Rio de Janeiro, principal usuário dos recursos desta Bacia.

Do total de população estimada na Bacia de Sepetiba, o município do Rio de Janeiro contribui com aproximadamente 900.000 habitantes, que corresponde a cerca de 60% da população total da Bacia e uma área de 459 km², que corresponde a 17% da área da Bacia.

A partir destes dados e da interpretação visual da imagem, já apresentada anteriormente, onde o vermelho-roxo representa a ocupação urbana, percebe-se que o espaço territorial ocupado pela zona oeste do Rio de Janeiro e municípios vizinhos constitui-se em área sujeita a forte migração, a partir do núcleo metropolitano do Rio de Janeiro, onde não existe qualquer novo setor de ocupação, algumas características destes municípios encontram-se sintetizadas na tabela 6.

Tabela 6: Características dos municípios que fazem parte da Bacia de Sepetiba

Município	População (2000)	Área (km ²)	Área na Bacia	Área na Bacia (%)	Atividades Principais
Eng. P. de Frontin	12.217	139	58	41,7	Ind., Com. e Turismo
Itaguaí	91.551	272	272	100	Ind. e Com.
Japeri	92.254	83	83	100	Comércio
Mangaratiba	28.480	352	68	19,3	Com. e Serv.
Miguel Pereira	26.188	287	252	87,8	Agrop., Com., Serv. e Turismo
Nova Iguaçu	817.117	524	245	46,7	Ind. e Com.
Paracambi	42.552	179	179	100	Com., Serv. e Turismo
Pirai	23.676	505	116	22,9	Comércio
Queimados	133.881	77	77	100	Ind. e Com.
Rio de Janeiro	5.857.904	1182,3	459	38,8	Ind., Com. e Serviços
Seropédica	73.262	284	284	100	Agrop. e Com.
Vassouras	32.889	552	12	2,2	Turismo e Serviços

A demanda por infra-estrutura na área de trabalho cresce em ritmo acelerado, superior ao do Estado ou de seu conjunto metropolitano. A ampliação do complexo portuário de Sepetiba já é uma realidade, existem projetos da ampliação da malha rodoviária e ferroviária e tem-se, como certa, a instalação de pelo menos 50 novas indústrias. Atraídas por estes investimentos, estima-se um incremento da população da ordem de 300 mil pessoas e, por conseguinte, uma significativa amplitude de problemas ambientais decorrentes deste crescimento econômico.

Tendo em vista a ótica de apontar áreas de influências, isto é, locais capazes de se constituir como "lugares centrais" que atendam áreas circunvizinhas com certa intensidade, considerando-se relações pendulares de comércio/serviços, cultura, lazer/recreação e mercado de trabalho, chega-se a um modelo que aponta configurações específicas na hierarquização da rede urbana. Considerando, ainda, o potencial dos centros identificados e as interações entre estes e seu entorno imediato, pode hierarquizar as interdependência existentes em quatro níveis:

- A região tem como base estrutural três aglomerações principais: Campo Grande, Itaguaí e a conurbação Queimados/Nova Iguaçu, com poucas interações entre si, sendo que todos os outros possuem uma dependência forte notadamente em comércio e serviços.
- Em um segundo nível de grandeza, encontram-se Santa Cruz e Miguel Pereira, este último constituindo um centro de abastecimento, cultura e

lazer, sendo a capital da área serrana, formada por Paty do Alferes, Avelar, Conrado, Mangueiras, Arcádia, etc.

- Terceiro nível de grandeza: Seropédia, Japeri, Paracambi e Mangaratiba, sendo os três primeiros com uma interação forte e, o último, influenciando as áreas de costa mais ao sul.
- Em quarto nível, classifica-se o município de Engenheiro Paulo de Frontin, como refúgio turístico, principalmente no inverno.

CAPÍTULO 6

DESENVOLVIMENTO E GERAÇÃO DE RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e a geração de resultados. Neste sentido, a distribuição dos tópicos retrata os aspectos metodológicos proposto no capítulo quatro.

6.1 - Levantamento de Insumos

A análise dos requisitos, primeiro item proposto no roteiro metodológico, se consolida na obtenção dos insumos necessários ao desenvolvimento do trabalho. Todo o material adquirido não envolveu desembolso financeiro, sendo que as principais fontes (imagem CBERS, dados do IDH e dados para construção do MDE) encontram-se disponíveis na *Internet*. No que diz respeito ao ambiente computacional, pode-se usar equipamentos pessoais de pequeno porte com aplicativos livres disponíveis também na *Internet*, como é o caso do SIG SPRING e SGBD MYSQL. No caso deste trabalho, alguns outros recursos já disponíveis no equipamento pessoal foram também utilizados. O anexo 3 apresenta uma lista completa dos insumos utilizados.

6.2 - Criação da Base Cartográfica Reduzida

A compilação da base Cartográfica Reduzida, apresentada na figura 16, foi produzida a partir de diversas bases de referência do IBGE e da fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro - CIDE (CIDE, 2000). Constam desta base os seguintes elementos: divisão municipal - referência 2000; localização das sedes municipais; principais eixos de circulação rodoviários; malha ferroviária; rede de drenagem principal e o limite da bacia de Sepetiba.

A projeção adotada na confecção da base foi a Universal Transversa de Mercator (UTM) e o Datum vertical foi o *South American* de 1969 (SAD69). Isto se deu pelo fato de todo material adquirido já se encontrar nesta projeção e por não representar alterações significativas no resultado da pesquisa.

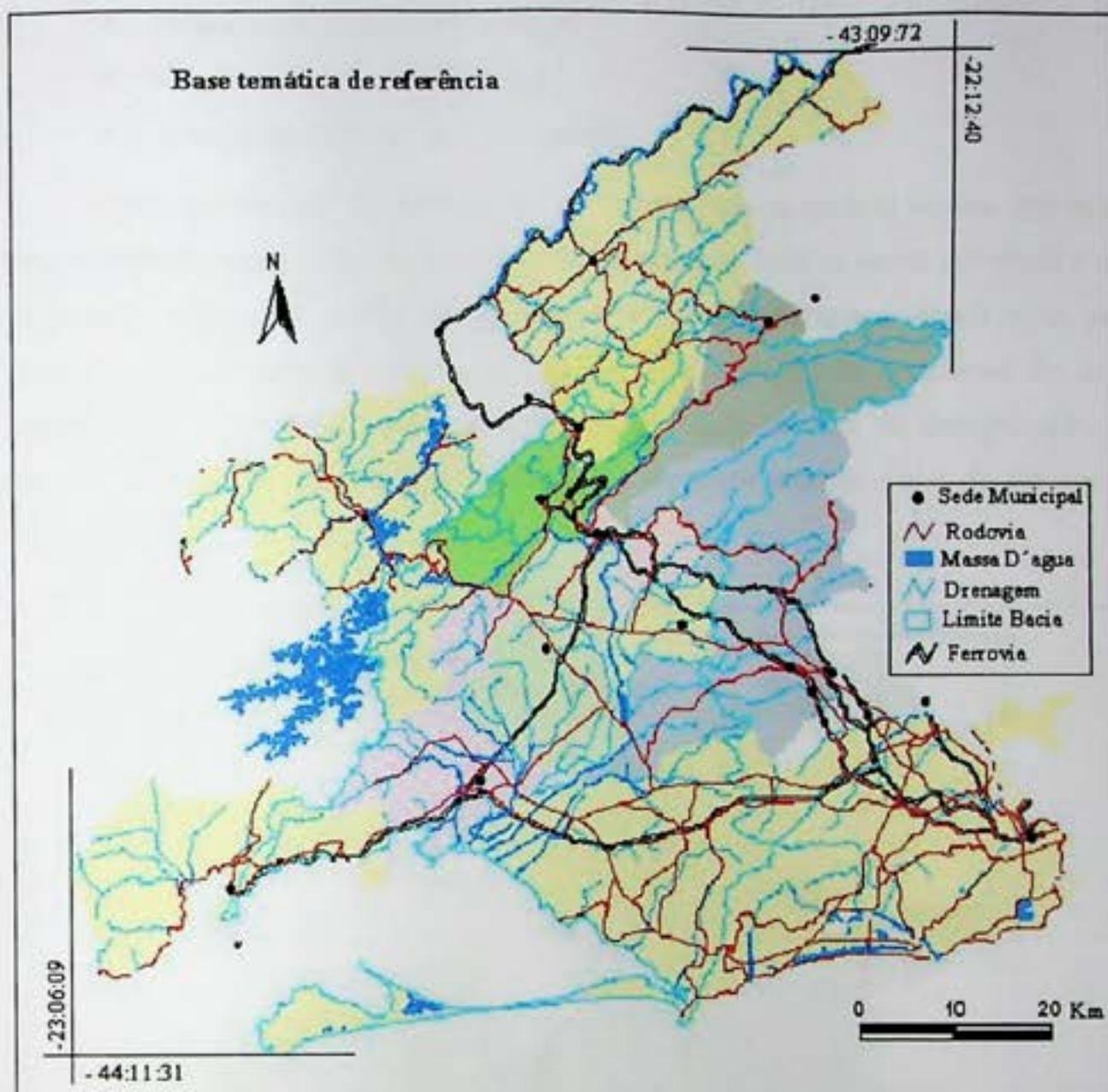


Figura 16: Base Cartográfica Reduzida

6.3 - Criação do Modelo Digital de Elevação

A criação do MDE partiu de curvas de níveis equidistantes em 20 metros, produzida no *software Global Mapper*, utilizando dados oriundos do programa SRTM. Estas curvas foram exportadas para o formato *shape* do *ARCVIEW*, onde foi realizado o processamento de geração usando a ferramenta "3D add buildings to tin".

Os parâmetros de compartimentação das altitudes obedecem aos valores definidos por Veloso (1991). Para o autor, a área de estudo encontra-se na região de Floresta Ombrófila Densa, que vai da latitude 24° a 16° sul, apresentando as seguintes formações:

- Aluvial ao longo dos rios; terras baixas de 5 a 50 metros;

- Submontana de 50 a 500 metros;
- Montana de 500 a 1500 metros;
- Alto-montana acima de 1500 metros.

Esta aproximação do modelo (figura 17) encontra-se apoiada no fato que existe uma correlação muito forte no processo de mapeamento entre os temas cobertura e uso da terra e vegetação. É uma prática comum no tema cobertura e uso da terra, para mapeamento de áreas de coberturas naturais, a apropriação de taxonomia do tema vegetação. Além disto, esta compartimentação ajuda também na interpretação de eventos produzidos pelo homem como limites de áreas urbanas, áreas de pastagens, áreas agrícolas, etc.

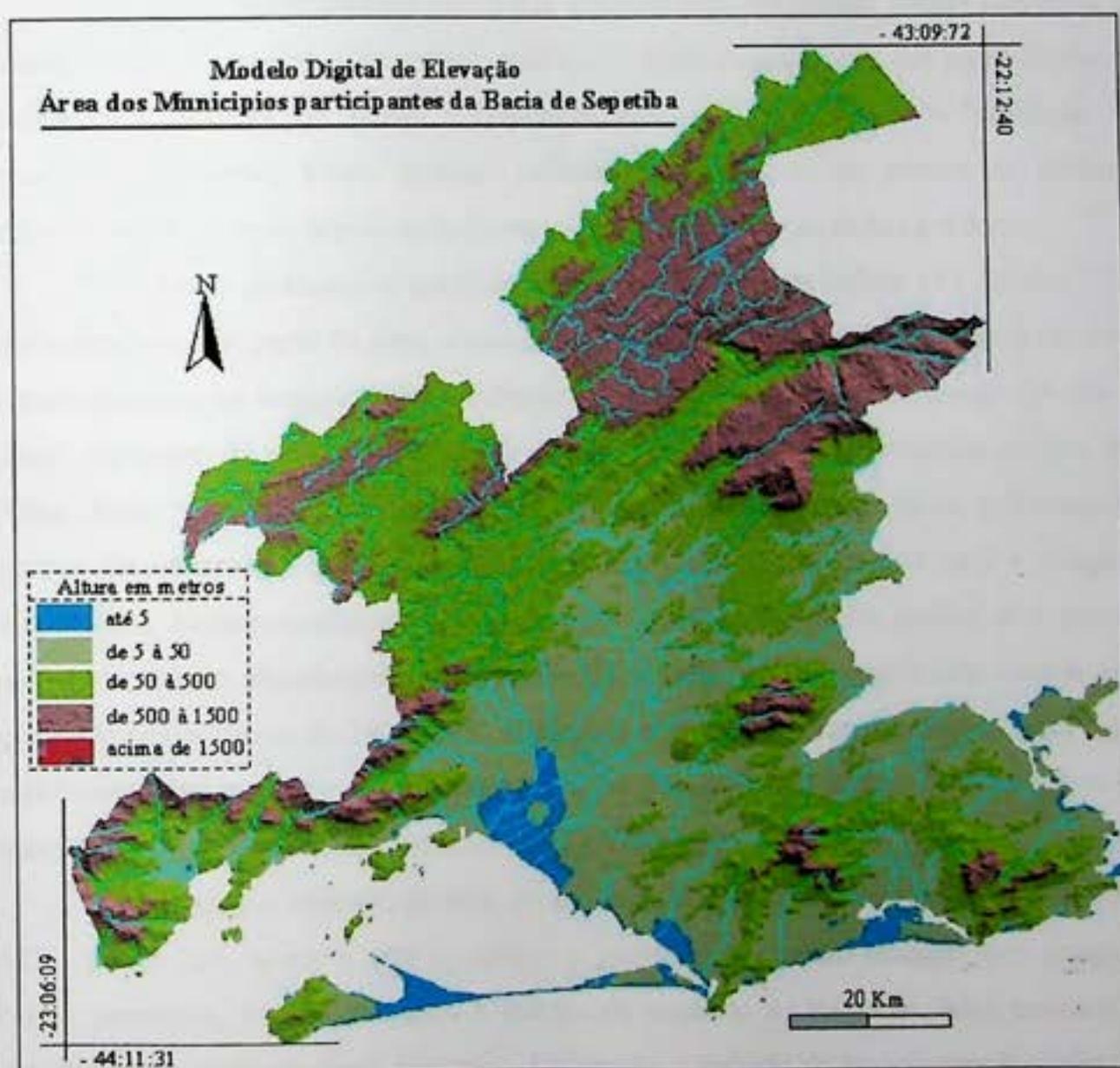


Figura 17: Modelo digital de elevação

6.4 - Classificação da Imagem CBERS

O primeiro passo no processo de classificação de imagem para mapeamento temático é o seu ajuste a uma base de apoio. Este ajuste consiste nos processos de georreferenciamento ou registro das imagens que cobrem a área, da união das partes para formar um único mosaico e do recorte da área considerando o seu limite. Em seguida, é realizado um conjunto de processos que resulta em uma imagem de classes do tema.

Georreferenciamento, mosaico e corte

No georreferenciamento inicial das imagens para o trabalho, foram utilizados os elementos de drenagem e do sistema viário das bases cartográficas em meio digital na escala de 1:50.000 do IBGE. Posteriormente, para refinamento e validação do georreferenciamento, foram também utilizados no processo os pontos de controle adquiridos em campo, depois de convertidos em uma camada de dados gráficos.

Durante o processo de georreferenciamento da imagem (órbita 151 / ponto 125), que cobre a maior parte da área, a escolha dos pontos de controle deu-se buscando alvos representativos na imagem e bem delimitados no arquivo gráfico, tais como: "ponta de ilhas", encontro de rios, cruzamento de estradas, entrocamento de ferrovias, pontes, etc. Além disso, teve-se o cuidado de, sempre que possível, formar pares próximos de pontos de controle. No total, foram coletados cerca de 36 pontos para a imagem, distribuídos homogeneamente por toda área da imagem. Após análise dos pontos coletados, foram abandonados 12 pontos que se mostraram incompatíveis com o erro que se buscava, cerca de 20 metros. Utilizando o método de transformação "afim", que representa uma equação do primeiro grau, 24 pontos foram utilizados no registro da imagem, chegando-se a um erro médio de 13,6 metros.

Para cobrir o restante da área, foi utilizado um pequeno recorte da imagem órbita 151 / ponto 126, sobre a qual se aplicou o georreferenciamento imagem para imagem. Neste processo, foram utilizados 8 pontos de controle ao longo da faixa comum de recobrimento entre as duas imagens. Utilizando o método de transformação "afim" o erro médio foi de 0.4 *pixel*, cerca de 8 metros.

Ao final deste processo, obteve-se duas imagens que, colocadas lado a lado, cobria toda área.

Vale notar que, entre as imagens adquiridas, não se observa variações significativas das características espectrais que justifique processamento para equalização das imagens antes da sua fusão (mosaico), uma vez que ambas imagens foram adquiridas na mesma passagem do satélite, com as condições ambientais das áreas semelhantes.

O processo de mosaico consiste em executar uma função que utiliza duas imagens de entrada e gera uma única imagem de saída contendo todos os elementos envolvidos.

O processo de corte da imagem consiste em executar uma função que utiliza uma imagem de entrada e gera uma imagem de saída ajustada aos limites estabelecidos. Neste caso, para se ter uma visão do entorno da área, o limite estabelecido foi um retângulo que contempla áreas circunvizinhas à área alvo.

Segmentação e classificação

Tendo como princípio que a densidade de observação é influenciada pela heterogeneidade dos eventos, pela escala de discretização dos objetos mapeados, pelos objetivos do levantamento e pela capacidade do interpretador, fica claro que subjetividade encontra-se presente em qualquer processo de mapeamento. Assim sendo, em conformidade com o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (IBGE, 1995), adotou-se como parâmetro mínimo para delineamento das observações uma área de aproximadamente de 0.4 cm^2 , quando representado em escala. O valor adotado equivale uma área de 400 m^2 no terreno na escala de trabalho 1:100.000.

No processo de segmentação no *software* SPRING, dois parâmetros devem ser informados: a similaridade e a área. O primeiro, associado aos valores de reflectância, e o segundo, associado a uma unidade mínima, em *pixels*, a ser individualizada (MOREIRA, 2001). Vários testes foram realizados utilizando as bandas 2 (visível - verde), 3 (visível - vermelho) e 4 (infravermelho próximo) da imagem CCD do CBERS, sendo o melhor resultado apresentado pela similaridade igual a 12 e área (em número de pixel) igual a 400. Vale ressaltar que o tamanho do pixel em uma imagem CBERS é de 20 metros por 20 metros.

Classificação

O processo de classificação, no SPRING, consiste em uma etapa de treinamento onde são escolhidos segmentos representativos de cada classe e outra de execução do comando que realiza a classificação. Várias observações foram realizadas variando-se tanto o número de classes como o número de amostras representativas de cada classe até chegar ao nível desejado. Vale ressaltar que a escolha das classes durante esta fase tem como objetivo facilitar o processo de classificação automática. Além disso, durante este processo não existiu uma grande preocupação em se utilizar classes seguindo alguma nomenclatura que estabelecesse nomes de tipologias. Assim sendo, algumas classes tiveram que ser subdividas em mais classes para contemplar os padrões de homogeneidade apresentados na imagem, que foram discretizados automaticamente durante o processo de segmentação. A tabela 7 apresenta as classes trabalhadas do processo de treinamento.

Tabela 7: Número de amostras por classe, utilizadas para a fase de treinamento

Classes	Num. de amostras
Area_mineracao	6
Campos_alagados	10
Corpos_dagua	19
Floresta	17
Mangue	8
Mata_lagoas	11
Ocupacao_rural	17
Ocupacao_urbana_intensa	10
Ocupacao_urbana_media	24
Ocupacao_urbana_baixa	9
Reflorestamento	7
Solo_exposto_úmido	5
Solo_exposto_seco	7
Solo_exposto_costa	8

Como resultado desta etapa tem-se a imagem classificada apresentada na figura

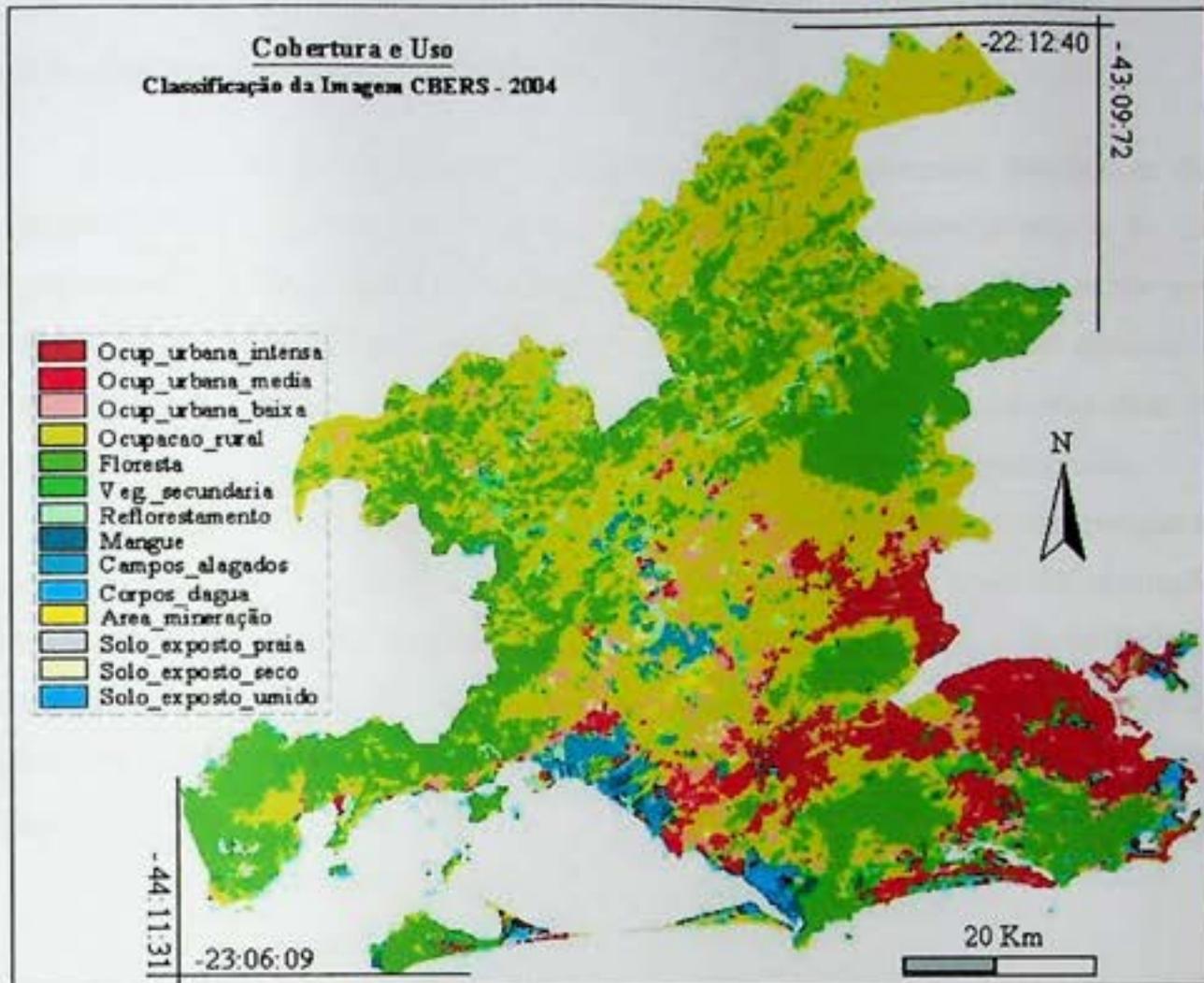


Figura 18: Classificação da imagem CBERS para cobertura e uso da terra

6.5 - Criação do Banco Geográfico

Devido à crescente necessidade de detalhamento, de forma integrada e abrangente, das informações relacionadas aos elementos gráficos, os SGBDs vêm sendo cada vez mais utilizados, tornando-se, atualmente, em uma ferramenta estratégica para o futuro do geoprocessamento. Por esta razão, a cada dia que passa, técnicas de modelagem e implementação de bancos de dados convencionais vêm sendo adaptadas e utilizadas em bancos geográficos (SANTOS & VIEIRA, 1999; VIEIRA & SANTOS, 2000). Os caminhos para implantação segura de um ambiente de SIG são abordados e discutidos de forma abrangente por Ferrari (1997), no livro Viagem ao SIG.

6.5.1 - Criação do Modelo Conceitual

A representação conceitual de qualquer realidade é fortemente dependente das diferentes visões apresentadas pelas pessoas que possuem o conhecimento e de sua interpretação por quem elabora o modelo. Assim sendo, percebe-se que não existe uma única solução de modelagem para se chegar ao resultado desejado. No entanto, o modelo gerado, deve compatibilizar as várias visões dos técnicos envolvidos além de possibilitar uma leitura imediata por usuários fora do âmbito onde foi desenvolvido.

O primeiro passo para criação do modelo é saber os objetivos, as repostas que se espera do banco de dados e, conseqüentemente, determinar o nível de abstração necessário. Em seguida, analisam-se as visões temáticas envolvidas e identifica-se o universo de dados necessários à formação do banco de dado. Neste sentido, ao longo do desenvolvimento deste trabalho, identificou-se a necessidade de armazenar dados das seguintes fontes:

- Operação de campo;
- Levantamento bibliográfico;
- Mapeamento do tema cobertura e uso da terra (gráfico e textual);
- Dados básicos e indicadores sócio-econômicos, consolidados no polígono de município;
- Limite de bacia;
- Resultados do cruzamento entre as camadas do tema cobertura e uso da terra e limite municipal;
- Dados consolidados - cálculo do ITA municipal.

Além destas fontes, contemplou-se, ainda, um tipo especial de informação, a taxonomia de classificação da cobertura e uso que, neste caso, representa as descrições e domínios associados aos dados, ou seja, seus metadados. Diferentemente dos sistemas de metadados que descrevem o acervo como um todo, foi identificado algumas entidades de metadados que categorizavam instâncias de outras entidades. Este tipo de metadado, normalmente, não é contemplado no processo de modelagem. No entanto, ficou clara a necessidade de sua inclusão no sentido de agregar semântica ao acervo e garantir a qualidade dos dados armazenados.

Uma vez identificados as fontes e o acervo essencial, busca-se identificar os objetos (entidades) representativos das particularidades abstraídas da realidade do tema (variáveis). As entidades se caracterizam por possuírem um conjunto de propriedades e significados peculiares que as particularizam em relação às outras.

Na modelagem da base de dados do tema cobertura e uso da terra, a ênfase é representar o armazenamento do mapeamento das formas (feições) que caracterizam o tema. Neste sentido, duas fontes de dados se destacam: a imagem classificada e o levantamento de campo, que podem ser considerados o ponto de partida na identificação das entidades relevantes ao tema. Como resultado do processo de identificação tem-se as entidades:

- Polígono de cobertura e uso - retrata o mosaico que compõe a cobertura, associado aos usos do espaço e à delimitação por meio da representação gráfica poligonal. A principal fonte de dados é a imagem classificada.
- Operação de campo - descreve a atividade desenvolvida exclusivamente em campo, visando o estabelecimento das respectivas verdades terrestres e informações complementares.
- Levantamento bibliográfico - descreve documentos ou fontes de dados, em formatos gráficos ou textuais, catalogados em ordem cronológica e por instituição de origem, utilizados como fonte de dados pontuais.
- Ponto de descrição - retrata as características um ponto de cobertura e uso, associado a um determinado local e sua localização através da representação gráfica pontual. A sua fonte é o levantamento de campo, podendo ser de uma operação de campo realizada no trabalho ou um levantamento bibliográfico.
- Categoria de cobertura nível I - contempla as unidades taxonômicas de classificação de cobertura da terra que representam os aspectos gerais de uma paisagem.
- Categoria de cobertura nível II - contempla as unidades taxonômicas de classificação de cobertura da terra que representam aspectos mais detalhados da paisagem.

- Categoria de uso nível III - contempla as unidades taxonômicas de classificação de uso da terra que representam as possíveis atividades desenvolvidas pelo homem em algum tipo de cobertura.

Em um segundo momento, viu-se a necessidade de se criar mais uma entidade para completar a base de dados:

- Polígono de Município - contempla a delimitação dos municípios, os dados de algumas variáveis censitárias e os indicadores que compõem IDH-M.

Na apresentação formal de um projeto de banco dados é comum a utilização de modelos desenvolvidos exclusivamente com este propósito. Apesar de existirem na literatura vários modelos para representar as informações de natureza ambiental, como os apresentados por Borges (1997) e Parent (1998), nenhum deles está ainda consagrado como o Modelo Entidade-Relacionamento (M-E-R), amplamente utilizado nas aplicações convencionais. A grande dificuldade que apresenta a elaboração do modelo conceitual dos dados de natureza ambiental é a representação das informações gráficas e seus relacionamentos, característica não contemplada pelo M-E-R tradicional, e ainda não satisfatória nos modelos criados para este propósito. Na prática, o que tem ocorrido em projetos desta natureza é a utilização do M-E-R por ser uma ferramenta mais conhecida e de mais fácil utilização. Pelas razões descritas acima, optou-se aqui pela utilização do M-E-R tradicional, com pequenas modificações, tendo como referência os conceitos e a notação usada por Navathe (1992). No sentido de facilitar a leitura e o entendimento, o resultado do processo de modelagem conceitual é apresentado em três partes:

- Esquema gráfico que representa as entidades e seus relacionamentos;
- Descrição textual que descreve as entidades, seus atributos e os relacionamentos envolvidos;
- Descrição textual que descreve os possíveis domínios (valores) que um atributo pode assumir.

Representação Gráfica das Entidades e Relacionamentos

Para atender as especificidades de uma modelagem geoambiental, foi incluída no esquema gráfico uma representação de entidade chamada gráfica cuja ocorrência se materializa em formas geométricas conhecidas (ponto, polígono e linha) e dados textuais associados que completam a descrição destes elementos gráficos. Além disso, incluem-se, também, dois tipos especiais de representação para relacionamento: o relacionamento entre entidades gráficas cujo elo é feito por variáveis comuns e o relacionamento entre entidades gráficas com relacionamento puramente espacial, ou seja, através da sobreposição dos elementos gráficos. A tabela 8 apresenta a simbologia utilizada.

Tabela 8: Simbologia da representação gráfica do MER

Nome	Descrição	Simbologia
Entidade Temática	Representa o mapeamento dos objetos abstraídos da realidade do tema, propriedades particulares que diferem de outros objetos.	
Entidade Gráfica	Indica que o objeto do tema é representado por um elemento gráfico, o qual pode ser linha, polígono ou ponto.	
Especialização	Conceito que permite atribuir propriedades particulares a um subconjunto de uma entidade temática.	
Relacionamento Temático	Associação entre os objetos do tema, ou seja, entre as entidades temáticas.	
Relacionamento Gráfico	Associação entre o objeto do tema (entidade temática) e o elemento gráfico (entidade gráfica) correspondente.	
Relacionamento Espacial	Associação existente entre camadas de elementos gráficos (entidades gráficas), implementada somente por meio do SIG.	
Cardinalidade	Indica o grau de relacionamento mínimo (min) e máximo (max) das ocorrências de valores de uma entidade em relação a outra. Quando a cardinalidade mínima é representada por zero, indica que não é obrigatória a existência de ocorrências na outra entidade envolvida no relacionamento. Quando o valor da cardinalidade máxima for representado por "N" indica que pode existir várias ocorrências de valores na outra entidade envolvida no relacionamento.	(min.,max)

A figura 19 mostra uma visão esquemática das entidades e seus relacionamentos, que compõem a base de dados necessária ao desenvolvimento do trabalho. Em destaque, delimitado por um polígono pontilhado, aparece os objetos que caracterizam o tema cobertura e uso da terra. Na parte externa ao polígono pontilhado, aparece a entidade que completa o acervo.

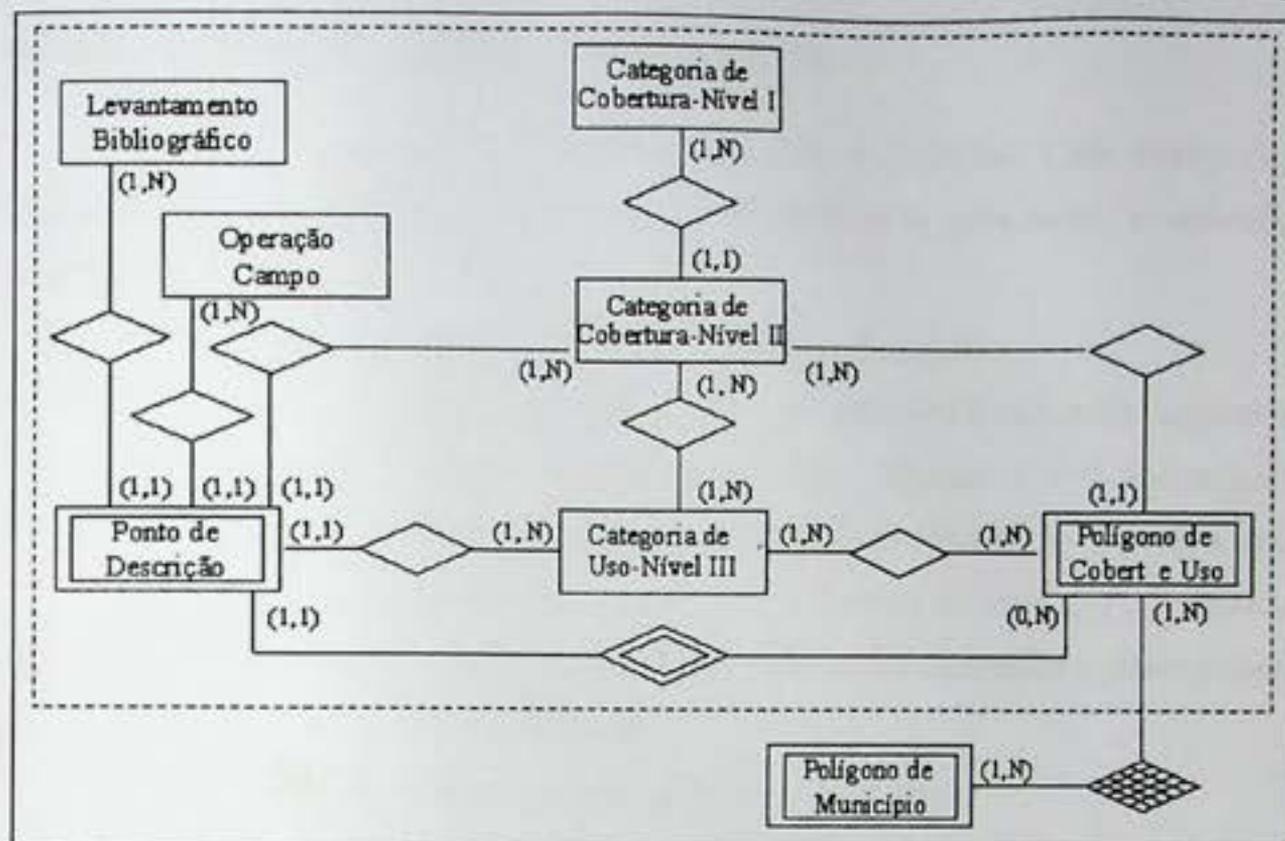


Figura 19: Diagrama do modelo conceitual da base de dados

Sobre os relacionamentos entre as entidades, três delas merecem destaque, por representarem decisões importantes que foram tomadas ao longo do desenvolvimento do trabalho, em função de conclusões tiradas dos estudos realizados. Viu-se a necessidade de se criar dois relacionamentos para a entidade polígono de cobertura e uso: um representando o relacionamento com a entidade categoria de cobertura nível II e outro representando o relacionamento com a entidade categoria de uso nível III. O terceiro diz respeito ao relacionamento entre as entidades categoria de cobertura nível II e categoria de uso nível III. Este relacionamento indica que uma instância da entidade categoria de uso nível III pode estar associada a várias ocorrências da entidade categoria de cobertura nível II e, uma instância categoria de cobertura nível II pode estar associada com as possíveis ocorrências da entidade categoria de uso nível III. Vale ressaltar que na implementação do modelo físico, por motivo de integridade, deve-se considerar sempre, para armazenamento da entidade polígono cobertura e uso, o par resultante do relacionamento entre as entidades categoria de cobertura nível II e categoria de uso nível III.

Relação de Entidades Atributos e Relacionamentos

A tabela 9 apresenta a Relação de Entidades e Atributos. Cada coluna desta tabela mostra um componente de descrição da entidade e, para tanto, é utilizada a seguinte simbologia:

- Nome da entidade - nome representativo da entidade.
- Ocor. - (x,y) indica que o item de dado (atributo) pode ocorrer no mínimo x vezes e no máximo y vezes. Quando $x = 0$, indica que o atributo é de preenchimento não obrigatório. Quando $y = n$, indica que o atributo pode ocorrer várias vezes. Quando se tem (x,y)*, o asterisco indica que o atributo é candidato único ou pode compor a chave primária da entidade a qual pertence.
- Nome do atributo - nome significativo do atributo.
- Domínio - indica que a tabela DCUT99 contém os possíveis valores para aquele atributo.
- *(asterisco) - indica que o atributo é ou compõe a chave primária da entidade a qual pertence.

Tabela 9: Relação de entidades e atributos da base de dados

Nome da entidade	Ocor.	Nome do atributo	Domínio
Categoria de unidade de cobertura - nível I	(1,1) *	Legenda de cobertura	
	(1,1)	Nome da cobertura	
	(0,1)	Descrição geral	
Categoria de unidade de cobertura - nível II	(1,1)*	Legenda de cobertura	
	(1,1)	Nome da cobertura	
	(0,1)	Descrição geral	
Categoria de unidade de uso - nível III.	(1,1)*	Legenda de uso	
	(1,1)	Nome do uso	
	(0,1)	Descrição geral	
Levantamento bibliográfico	(1,1)*	Identificação da fonte bibliográfica	
	(1,1)	Título	
	(0,n)	Nome do autor	
	(0,1)	Ano de publicação	
	(0,1)	Nome da instituição responsável	
	(0,1)	Sigla da instituição responsável	
	(0,1)	Informação complementar	

Nome da entidade	Ocor.	Nome do atributo	Domínio
Operação de campo	(1,1)*	Identificação da operação de campo	
	(0,1)	Instituição responsável	
	(1,1)	Projeto	
	(0,1)	Data de início da operação de campo	
		Dia de início	
		Mês de início	
		Ano de início	
	(0,1)	Data fim da operação de campo	
		Dia de fim	
		Mês de fim	
	Ano de fim		
	(0,n)	Nome do participante	
	(0,1)	Nome do técnico responsável pela operação	
	(0,1)	Observação complementar	
Polígono de cobert. e uso	(1,1)*	Identificação do polígono	DCUT01
	(1,1)	Identificação da cobertura	
		Legenda de cobertura	
		Nome da cobertura	
	(1,n)	Identificação do uso	DCUT02
		Legenda de uso	
		Nome de uso	
	(0,1)	Área (Km ²)	
Ponto de descrição	(1,1)*	Identificação do ponto	DCUT01
	(1,1)	Identificação da cobertura	
		Legenda de cobertura	
		Nome da cobertura	
	(1,1)	Identificação do uso	DCUT02
		Legenda de uso	
		Nome de uso	
		(0,1)	Descrição do relevo
		(0,1)	Tipo de solo
		(1,1)	Descrição da localização
		(1,1)	Latitude (grau, minuto, segundo)
		(1,1)	Longitude (grau, minuto, segundo)
		(0,1)	Nome do equipamento de GPS
		(0,1)	Precisão do GPS em metros
		(0,1)	Descrição do ambiente
	(0,n)	Foto	
Polígono de Município	(1,1)	Código do município	
	(1,1)	Nome do município	
	(1,1)	População total em 2000	
	(1,1)	Expectativa de vida em 2000	
	(1,1)	Taxa de alfabetização em 2000	
	(1,1)	Taxa que frequenta a escola em 2000	
	(1,1)	Renda Per Capta em 2000	
	(1,1)	IDH de longevidade em 2000	
	(1,1)	IDH de educação em 2000	
	(1,1)	IDH de renda em 2000	
	(1,1)	IDH-M em 2000	
	(1,1)	Classificação na Unidade da federação	
	(1,1)	Classificação nacional	
	(1,1)	Índice de Transformação Antrópica	
	(0,1)	Área (Km ²)	

Relação de Domínios

- A Relação de domínios apresentada na tabela 10 contempla as entidades categoria de cobertura nível I, categoria de cobertura nível II e categoria de uso nível III. O domínio identificado por DCUT01 contempla as unidades de cobertura e o domínio identificado por DCUT02 contempla as classes de uso. Cada domínio possui um conjunto de letras símbolos com sua denominação e o seu parâmetro correspondente.

Tabela 10: Relação de domínios das variáveis.

ID. domínio	Letras símbolo	Denominação	Nível de transformação (r)
DCUT01	F	Floresta	1
	Re	Restinga	1
	M	Mangue	1
	AR	Área Rural	6
	R	Reflorestamento	7
	UI	Urbano Intenso	10
	UF	Urbano Fragmentado	9
	AM	Área de Mineração	10
	SE	Solo Exposto	6
	CA	Corpo d'água	3
	VS	Vegetação Secundária	8
			potencialidade de transformação (q)
DCUT02	AT	Agropecuária de Subsistência	8
	EF	Cultivo de Espécies Florestais	7
	MCA	Mineração a Céu Aberto	10
	EA	Extrativismo Animal	3
	EV	Extrativismo Vegetal	5
	EM	Extrativismo Mineral	4
	T	Turismo	4
	UMU	Uso Misto Urbano	10
UR	Uso Restrito	2	

6.5.2 - Criação do Modelo Físico

Um projeto físico de BD de dados caracteriza-se, normalmente, por adaptar o modelo conceitual às características particulares do SGBD utilizado para sua implementação. No entanto, em projetos de BDs geográficos, além das transformações normais, outras adaptações influenciam de forma decisiva na estrutura a ser criada, tendo em vista ainda a necessidade do modelo também se adaptar as particularidades do SIG. A principal delas diz respeito à transformação de variáveis que admitem mais de uma ocorrência, conforme cardinalidade apresentada no modelo conceitual.

Ocorre que a recuperação de dados de uma tabela no ambiente SIG se dá facilmente quando estes dados estão associados diretamente a uma feição gráfica. Por outro lado, quando as informações associadas à feição gráfica estão espalhadas em várias tabelas, estas não podem ser recuperadas diretamente. Neste caso, se faz necessário a construção de visões de forma a agrupar os dados que se quer. Isto significa que, quanto maior for o desmembramento destas informações em tabelas, maior é a complexidade de criação de visões, principalmente se o desmembramento ocorrer em vários níveis de hierarquia. No caso de entidades que possuem muitos atributos multivalorados, esta situação se agravaria ainda mais se fossem seguidas estritamente as regras normais no processo de transformação do modelo conceitual para o modelo físico, já que para cada atributo multivalorado seria criada mais uma tabela.

Assim, neste projeto, procurando minimizar este desmembramento de tabelas, não foi feita, em alguns casos, a normalização dos atributos multivalorados como determina as normas, sendo adotado, basicamente, duas regras: a prática de repetição da variável a um limite finito, quando esta se caracteriza por ser um objeto de muitas consultas e, o recurso de concatenação de variáveis formando um campo descritivo, quando se apresenta apenas como característica informativa. Como exemplo da primeira situação tem-se a variável nome de uso da entidade polígono de cobertura e uso, que foi desmembrada nos campos nome uso I, nome uso II e nome uso III, na tabela Tpol_cut. No segundo caso, tem-se a variável nome do participante, da entidade operação de campo, que foi transformada no campo descritivo "nomes dos participantes", na tabela Top_campo. Uma discussão ampla sobre formas de implementação de variáveis multivaloradas em SIG pode ser visto em Santos & Vieira

(1999). Como resultado do processo de transformação do modelo conceitual para o modelo físico tem-se as tabelas:

- Tcat_cobertura - contempla as entidades “Categoria de Unidade de Cobertura - Nível I e II”;
- Tcat_uso - representa a entidade “Categoria de Unidade de Uso - nível III”;
- Tcat_cobt_uso - resultado da implementação do relacionamento múltiplo existente entre as entidades “Categoria de Unidade de Cobertura - nível II” e “Categoria de Unidade de Uso - nível III” que identifica as possíveis ocorrências de uso em um determinado padrão de cobertura;
- Tpt_cut - representa a transformação da entidade genérica “Ponto de Descrição”;
- Tpol_cut - representa a transformação da entidade “Polígono de Cobertura e Uso”;
- Top_campo - representa a transformação da entidade “Operação de Campo”;
- Tfonte_bib - representa a transformação da entidade “Fonte Bibliográfica”;
- Tpol_muni - representa a transformação da entidade “Polígono de Município”
- Tpol_cut_mun - representa o resultado do relacionamento entre as entidades “Polígono de município”, “Polígono de Bacia” e “Polígono de Cobertura e Uso”, incluindo dados do resultado do cálculo do ITA para município e bacia.

Diagrama Físico

A figura 20 apresenta o diagrama físico da base de dados, em destaque as tabelas do tema cobertura e uso, delimitado pelo polígono pontilhado. Vale ressaltar que a tabela Tpol_cut_mun é o resultado do cruzamento de duas camadas de feições gráficas: os polígonos de cobertura e uso e os limites de municípios.

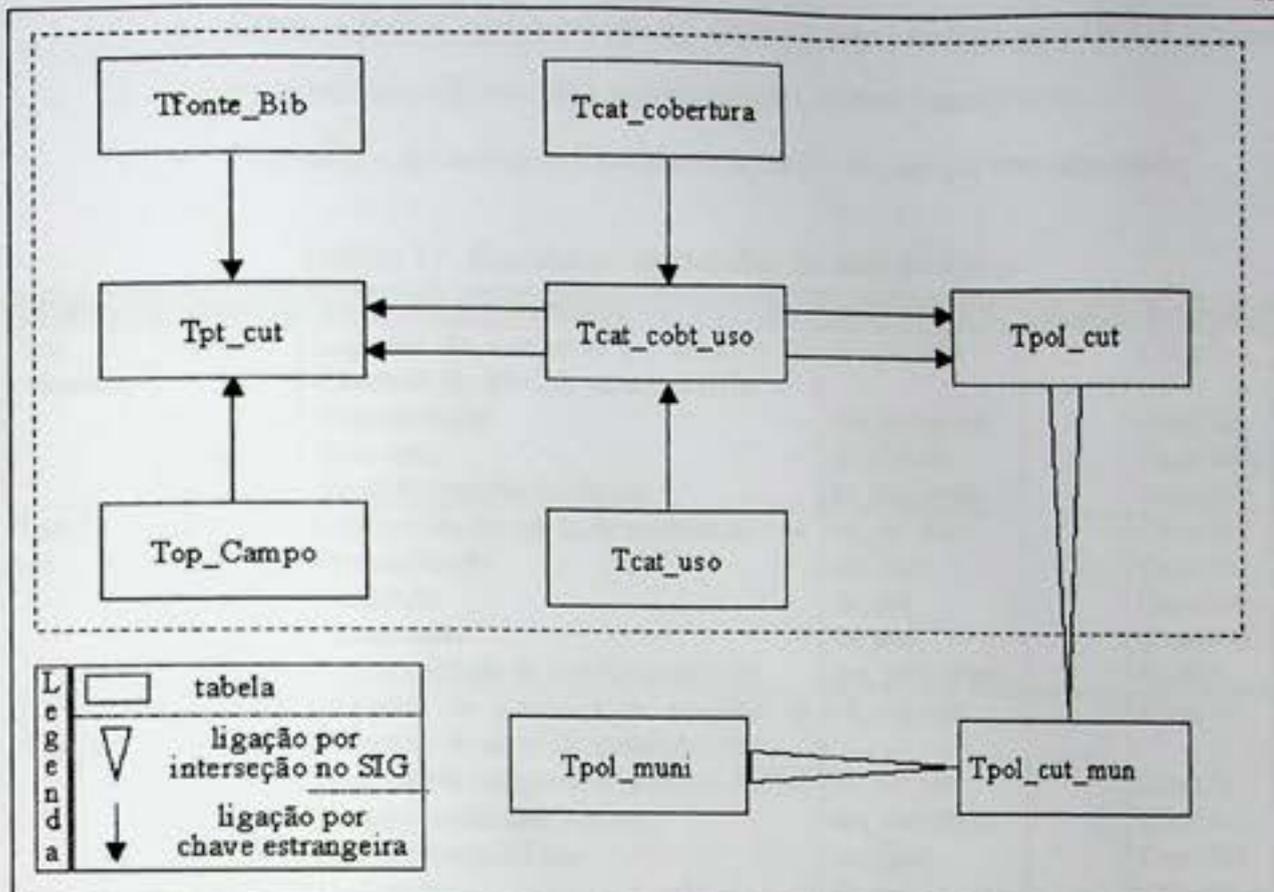


Figura 20: Diagrama do modelo físico da base de dados

Relação de Tabelas e suas Estruturas

A Relação de tabelas, apresentada na tabela 11, mostra a estrutura física de armazenamento envolvida na criação da base de dados. Em cada coluna desta tabela é utilizada a seguinte simbologia:

- Tabela - nome representativo dado à tabela
- Variável - nome pelo qual o campo foi definido
- Nome SGBD - apresenta o nome pelo qual o campo é reconhecido pelo sistema;
- Ocor. - (x,y) indica, para cada ocorrência daquela tabela, que o campo pode ocorrer no mínimo x vezes e no máximo y vezes. Quando x = 0, o campo é de preenchimento não obrigatório. Quando y = n, o campo ocorre várias vezes. Quando se tem (x,y)*, o asterisco (*) indica que o campo é ou compõe a chave primária da tabela a qual pertence. Quando se tem (x,y)# ; o tralha (#) indica que o campo é chave estrangeira, ou seja, seu valor deve pertencer ao conjunto de valores existentes na tabela associada, caso este seja de preenchimento obrigatório.

- Dom. - indica que a tabela de domínio representada por DCUT contém os possíveis valores para aquele campo, quando necessário;
- Formato - apresenta o formato e tamanho do campo em caracteres.

Tabela 11: Estruturas das tabelas da base de dados

Tabela	Ocor.	Variável	Nome SGBD	Dom.	Formato
Tcat_cobertura	(1,1)*	Legenda da categoria de unidade de cobertura do nível de menor detalhe	cd_cat_cobt		Char(5)
	(1,1)	Denominação	nm_cobertura		Char(50)
	(0,1)	Descrição	ds_sintese		Char(100)
	(1,1)	Nível de transformação (r)	or_niv_trans		Num(2)
Tcat_uso	(1,1)*	Legenda da categoria de unidade de uso	cd_cat_uso		Char(5)
	(1,1)	Denominação	nm_uso		Char(50)
	(1,1)	Descrição	ds_uso		Char(300)
	(0,1)	Observação	ds_obs		Char(300)
	(1,1)	Potencialidade de transformação (q)	nm_potc_trans		Num(2)
Tcat_cobt_uso	(1,1)*#	Legenda da categoria de unidade de cobertura do nível de menor detalhe	cd_cat_cobt		Char(5)
	(1,1)*#	Legenda da categoria de unidade de uso	cd_cat_uso		Char(5)
	(1,1)	Denominação da cobertura	nm_cobertura		Char(50)
	(1,1)	Denominação do uso	nm_uso		Char(50)
	(1,1)	Descrição	ds_uso		Char(300)
(0,1)	Observação	ds_obs		Char(300)	
Tfonte_bib	(1,1)*	Identificação da fonte bibliográfica	id_fonte_bib		Char(6)
	(1,1)	Título	nm_titu_trab		Char(240)
	(0,1)	Nomes dos autores	ds_autor		Char(150)
	(0,1)	Ano de publicação	dt_ano_public		Num(5)
	(0,1)	Sigla da instituição responsável	sg_instit_resp		Char(40)
	(0,1)	Nome da instituição responsável	nm_inst_resp		Char(120)
	(0,1)	Informação complementar	ds_info_compl		Char(240)
Tpt_cut	(1,1)*	Identificação do ponto	id_ponto		Char(16)
	(0,1)#	Identificação da operação de campo	id_operacao		Char(6)
	(0,1)#	Identificação da fonte bibliográfica	id_fonte_bib		Char(6)
	(0,1)	Identificação do ponto dado na origem	id_pt_origem		Char(10)
	(1,1)#	Legenda de cobertura	cd_leg_cobt	VG01	Char(4)
	(1,1)	Nome da cobertura	nm_cobt	VG01	Char(40)
	(1,1)#	Legenda de uso	cd_leg_uso	VG02	Char(04)
	(1,1)	Nome do uso	nm_uso	VG02	Char(40)
	(0,1)	Descrição do relevo	ds_relevo		Char(60)
	(0,1)	Tipo de solo	tp_solo		Char(20)
	(1,1)	Descrição da localização	ds_localizacao		Char(240)
	(1,1)	Latitude (grau, minuto, segundo)	ds_latitude		Char(09)
	(1,1)	Longitude (grau, minuto, segundo)	ds_logitude		Char(09)
	(0,1)	Nome do equipamento de GPS	nm_gps		Char(20)
	(0,1)	Precisão do GPS em metros	md_precis		Num(03)
	(0,1)	Descrição do ambiente	ds_ambiente		Char(240)
	(0,1)	Identificação da foto I	id_foto1		Char(10)
(0,1)	Identificação da foto II	id_foto2		Char(10)	
(0,1)	Identificação da foto III	id_foto_3		Char(10)	

Tabela	Ocor.	Variável	Nome SGBD	Dom	Formato
Tpol_cut	(1,1)*	Identificação do polígono	id_poli_cut		Char(6)
	(1,1)#	Identificação da cobertura	cd_leg_cobt		Char(4)
	(1,1)	Nome da cobertura	nm_cobt		Char(40)
	(1,1)#	Legenda de uso I	cd_uso_I		Char(4)
	(1,1)	Nome de uso I	nm_uso I		Char(40)
	(0,1)#	Legenda de uso II	cd_uso_II		Char(4)
	(0,1)	Nome de uso II	nm_uso II		Char(40)
	(0,1)#	Legenda de uso III	cd_uso_III		Char(4)
	(0,1)	Nome de uso III	nm_uso III		Char(40)
	(0,1)	Área (Km ²)	md_area		Num(10,4)
(0,1)	Perímetro (Km)	md_perim		Num(10,4)	
Top_Campo	(1,1)*	Identificação da operação de campo	id_operacao		Char(6)
	(1,1)	Instituição responsável	nm_inst		Char(50)
	(1,1)	Projeto	nm_projeto		Char(50)
	(0,1)	Dia de início	dt_dia_ini		Num(5)
	(0,1)	Mês de início	dt_mes_ini		Num(5)
	(0,1)	Ano de início	dt_ano_ini		Num(5)
	(0,1)	Dia de fim	dt_dia_fim		Num(5)
	(0,1)	Mês de fim	dt_mes_fim		Num(5)
	(0,1)	Ano de fim	dt_ano_fim		Num(5)
	(0,1)	Nomes dos participantes	ds_particip		Char(80)
(0,1)	Nome do técnico responsável	nm_resp		Char(25)	
(0,1)	Observação complementar	ds_obs		Char(240)	
Tpol_muni	(1,1)	Código do município	cd_muni		Char(7)
	(1,1)	Nome do município	nm_muni		Char(40)
	(1,1)	População total em 2000	tt_popula		Num(10)
	(1,1)	Expectativa de vida em 2000	vl_exp_vida		Num(5)
	(1,1)	Taxa de alfabetização em 2000	tx_alfabet		Num(7,4)
	(1,1)	Taxa que frequenta a escola em 2000	tx_freq_esc		Num(7,4)
	(1,1)	Renda Per Capta em 2000	vl_rpc		Num(9,2)
	(1,1)	IDH de longevidade em 2000	idh_long		Num(6,4)
	(1,1)	IDH de educação em 2000	idh_educ		Num(6,4)
	(1,1)	IDH de renda em 2000	idh_rend		Num(6,4)
	(1,1)	IDH-M em 2000	idh_m		Num(6,4)
	(1,1)	Classificação na Unidade da federação	or_class_uf		Num(5)
	(1,1)	Classificação nacional	or_class_nac		Num(5)
	(1,1)	Índice de Transformação Antrópica	ITA_mun		Num(6,4)
	(0,1)	Área (Km ²)	vl_area		Num(9,4)
(0,1)	Perímetro (Km)	vl_perim		Num(9,4)	
(0,1)	Nome de uso III	nm_uso III		Char(40)	
Tpol_cut_mun	(1,1)*	Identificação do polígono	id_poligono		Char(6)
	(1,1)#	Identificação da cobertura	cd_leg_cobt		Char(4)
	(1,1)	Nome da cobertura	nm_cobt		Char(40)
	(1,1)#	Legenda de uso I	cd_uso_I		Char(4)
	(1,1)	Nome de uso I	nm_uso I		Char(40)
	(0,1)#	Legenda de uso II	cd_uso_II		Char(4)
	(0,1)	Nome de uso II	nm_uso II		Char(40)
	(0,1)#	Legenda de uso III	cd_uso_III		Char(4)
	(1,1)	Código do município	cd_muni		Char(07)
	(1,1)	Nome do município	nm_muni		Char(40)
(0,1)	Área (Km ²)	md_area		Num(10,4)	

6.6 - Levantamento de Campo

Com o propósito de reconhecimento da área, de levantar pontos de controle e de prover elementos da verdade terrestre para etapa de classificação automática, foi realizada a primeira atividade de campo. Inicialmente, foram escolhidas nove áreas para exploração, em função da observação de alvos que não ficaram claros considerando o que estes, de fato, representavam na imagem bruta. Uma vez no campo, alguns pontos escolhidos não puderam ser observados por falta de infra-estrutura de acesso, porém, outros pontos foram identificados como importantes e foram contemplados. Como resultado, tem-se um acervo de dados que contempla 16 pontos de observação. A imagem da escolha inicial dos pontos e tabela resultante deste levantamento encontra-se no anexo 1.

6.7 - Integração Temática e Mapeamento

Com objetivo de melhorar e validar a delimitação e as tipologias da classificação digital, que é a base do mapeamento a ser produzido, a realização da integração temática é uma atividade essencial no processo de mapeamento. Nesta atividade, levou-se em consideração os seguintes insumos: dados levantados no campo, o mapeamento realizado pela fundação CIDE, o MDE produzido e a consulta de especialistas.

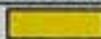
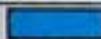
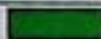
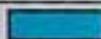
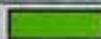
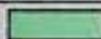
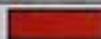
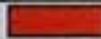
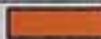
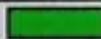
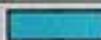
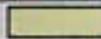
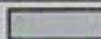
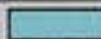
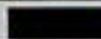
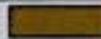
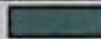
Integração Temática

Os dados levantados no apoio de campo serviram como base na interpretação da classe obtida durante o processo da classificação da imagem, assim como para a tomada de decisão na identificação taxonômica do mapeamento final. Além disso, devido à sua importância para a atividade atual e futura, os pontos levantados foram incorporados à base de dados como mais uma camada de informação.

A atividade de integração com outros trabalhos necessita, primeiramente, da conciliação de classes temáticas dos mapeamentos envolvidos. Uma das grandes dificuldades de utilizar outros materiais, nesta temática, é a compatibilização de legendas. Os principais fatores envolvidos são: a própria complexidade temática; a falta de regras formais que estabeleçam critérios rígidos para o estabelecimento de classes e a falta de informações adicionais (metadados) sobre os propósitos de cada mapeamento e

das classes envolvidas. Mais que simplesmente a padronização de nomes, este processo envolve interpretação da semântica do conteúdo de cada classe e a adequação entre os propósitos para os quais cada classe encontra-se delimitada. Como pode ser observado na tabela 12, independentemente da dificuldade da utilização de dados de outras fontes, foi realizado uma tentativa de compatibilizar as classes envolvidas nos dois mapeamentos.

Tabela 12: Compatibilização de legenda

Classes trabalhadas	Taxonomia CIDE	Aparência
Area_mineracao		
Campos_alagados	Área Inundáveis, Várzea	
Corpos_dagua	Oceano, Rios, Lagos, Lagoas, etc.	
Floresta	Floresta Estacional, Floresta Ombrófila	
Mangue	Mangue, Mangue Degradado	
Vegetação_secundaria	Vegetação Secundária	
Ocupacao_rural	Campo/Pastagem, Área Agrícola	
Ocupacao_urbana_intensa	Grandes Construções, Área Urbana (alta)	
Ocupacao_urbana_media	Área Urbana, Área Urbana (média)	
Ocupacao_urbana_baixa	Área Urbana (baixa densidade)	
Reflorestamento	Reflorestamento	
Solo_exposto_úmido		
Solo_exposto_seco	Solo Exposto	
Solo_exposto_praia	Praia	
	Restinga	
	Área não classificada	
	Encosta Degradada	
	Afloramento Rochoso	

Feito isso, comparando-se a classificação da imagem CBERS de 2004, apresentada anteriormente na figura 18, com o mapa de cobertura e uso, produzido pela fundação CIDE e que tem como referência o ano de 2000, apresentado na figura 21, pode-se verificar que entre as principais classes (corpos_dagua, floresta, mangue, ocupacao_rural, reflorestamento, ocupacao_urbana_intensa, ocupacao_urbana_media, , ocupacao_urbana_baixa e solo_exposto) existe uma forte correlação, tanto de área quanto de forma e posicionamento. Além disso, observa-se que para algumas tipologias que aparecem no mapeamento da Fundação CIDE não existe correlação na imagem classificada. Vale ressaltar que diferenças entre mapeamentos sempre podem ocorrer e, neste caso, as diferenças encontradas entre correspondência de tipologias representam

uma pequena parcela do mapeamento. As diferenças encontradas representam cerca de 3.30% para as classes que existem no mapeamento da fundação CIDE e não são contempladas na classificação da imagem CBERS. por outro lado, somente cerca de 0.83% de classes observadas na classificação da imagem CBERS não possui correspondência no mapeamento da fundação CIDE.

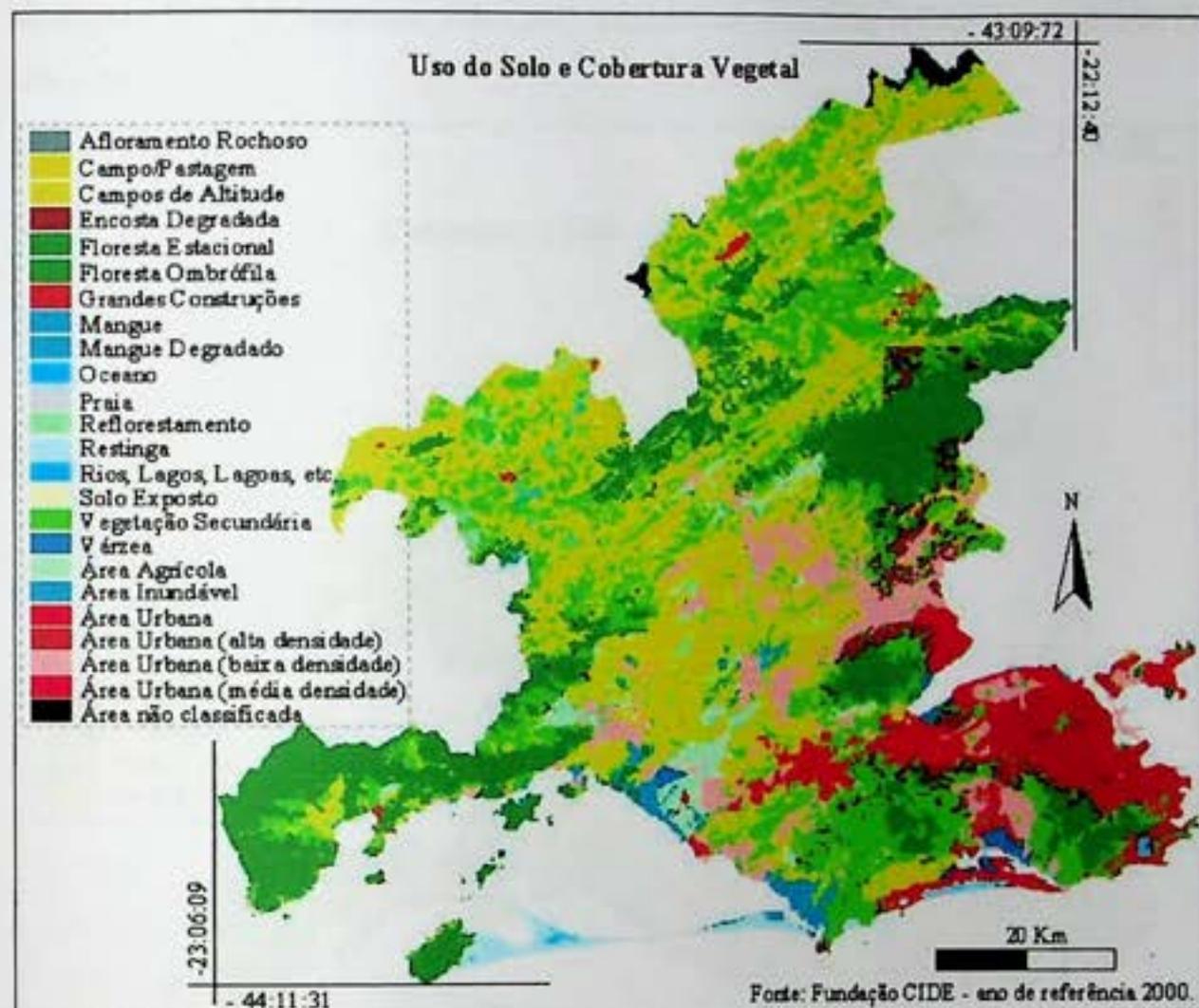


Figura 21: Mapa de uso do solo e cobertura vegetal
Fonte: (CIDE, 2000)

Mapeamento Temático

O processo de mapeamento temático caracteriza-se por consolidar, em uma única base de dados, os critérios estabelecidos, os levantamentos feitos e o processo de integração realizado.

Atualmente, por ser um padrão de fato e de mercado, utilizou-se a estrutura *shapefile* do *ARCVIEW* como repositório final de armazenamento da base de dados produzida no mapeamento do tema cobertura e uso da terra. Para isso, o resultado da classificação da imagem produzida no SIG *SPRING* foi exportado para o formato *shape*

do *ARCVIEW*, onde foi realizado processo de edição e compatibilização final. Este formato (*shapefile*) utiliza ainda as estruturas do "SGBD" *dbase IV* para armazenar os valores dos atributos textuais associados à parte gráfica.

A Figura 22 mostra as unidades de mapeamento em sua expressão gráfica, sendo que os dados textuais que completam sua descrição encontram-se armazenados em tabelas no formato *Database File* (.dbf), segundo as estruturas definidas na concepção do banco de dados.

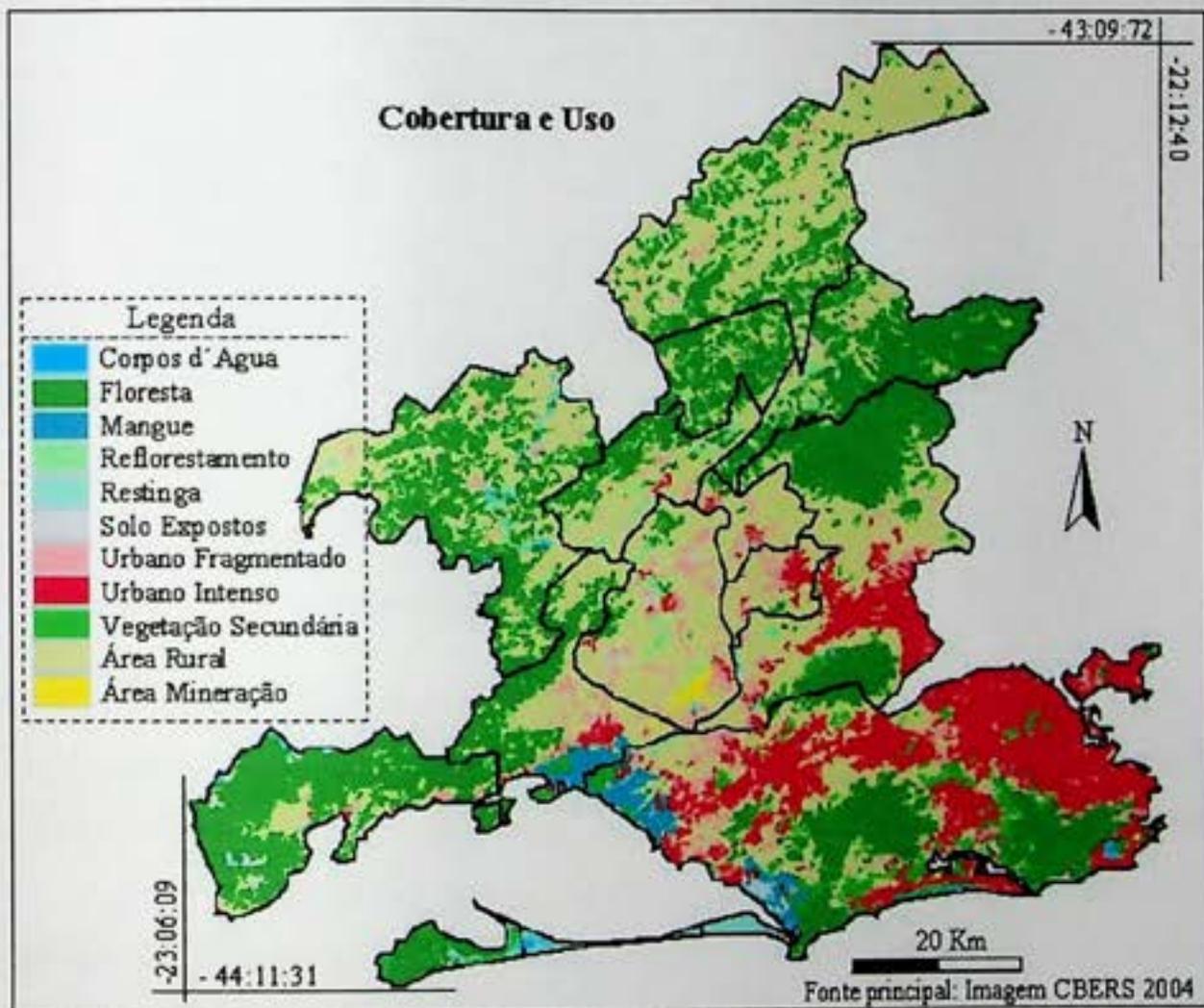


Figura 22: Mapeamento de cobertura e uso da terra

6.8 - Cálculo do ITA

O índice de transformação antrópica pode ser estabelecido considerando qualquer recorte. Para isso, é necessário que se tenha a caracterização de toda área envolvida e os valores dos parâmetros nível de transformação "r" e potencialidade de transformação da paisagem "q", atribuídos em todas as unidades mapeadas.

No caso do parâmetro nível de transformação da paisagem, que se encontra mais fortemente associado à natureza do evento e possui maior representatividade quando se usa imagens de satélite como fonte de caracterização das unidades de cobertura, adotou-se uma média de valores atribuídos por especialistas com conhecimento da área. A Tabela 13 apresenta os valores atribuídos aos parâmetros r .

Tabela 13: Parâmetros de nível da transformação da paisagem

Classes trabalhadas	r1	r2	r3	r
Area_mineracao	10	10	10	10
Campos_alagados	2	2	2	2
Corpos_dagua	2	5	2	3
Floresta	1	1	1	1
Mangue	1	1	1	1
Mata_lagoas	2	2	1	1.7
Ocupacao_rural	6	5	7	6
Ocupacao_urbana_intensa	10	10	10	10
Ocupacao_urbana_media	9	8	9	8.7
Ocupacao_urbana_baixa	8	6	8	8
Reflorestamento	7	7	7	7
Solo_exposto_úmido	5	7	5	5.7
Solo_exposto-seco	8	8	8	8
Solo_exposto_praia	2	2	2	2

No caso do parâmetro potencialidade de transformação, para se chegar aos valores finais de "q", fez-se uma interpretação dos valores propostos por Mateo (1991) e dos valores considerados no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (IBGE, 1999).

A consolidação dos parâmetros atribuídos às unidades de mapeamento para o cálculo do ITA pode ser visto na descrição dos domínios DCUT01 e DCUT02 mostrados anteriormente.

Utilizando-se o aplicativo *ARCVIEW*, foi realizado o cruzamento da camada que contém a delimitação dos municípios com a camada que contempla o tema cobertura e uso da terra. Como resultado, tem-se uma nova camada onde todos os polígonos resultantes possuem dados relativos aos dois temas envolvidos.

Sobre a base resultante do cruzamento entre limites municipais e polígonos de cobertura e uso, os seguintes cálculos foram realizados: o cálculo das áreas ocupadas por cada polígono; o somatório das áreas de cada classe por município e o cálculo do percentual ocupado por cada classe no município.

10. A fórmula divide por 100

Vale ressaltar que o intervalo de valores utilizados nos parâmetros "r" e "q" foi de 0 a 10. Como consequência da aplicação direta da fórmula o universo de valores resultante pode variar de 0 a 100. Neste universo de valores, considerou-se como ITA baixo o intervalo de valores compreendidos entre 0 e 33; de ITA médio o intervalo de valores compreendidos entre 33 e 66 e; de ITA alto o intervalo de valores compreendidos entre 66 e 100. O resultado do ITA calculado e a sua distribuição considerando os municípios da área são mostrados na figura 23.

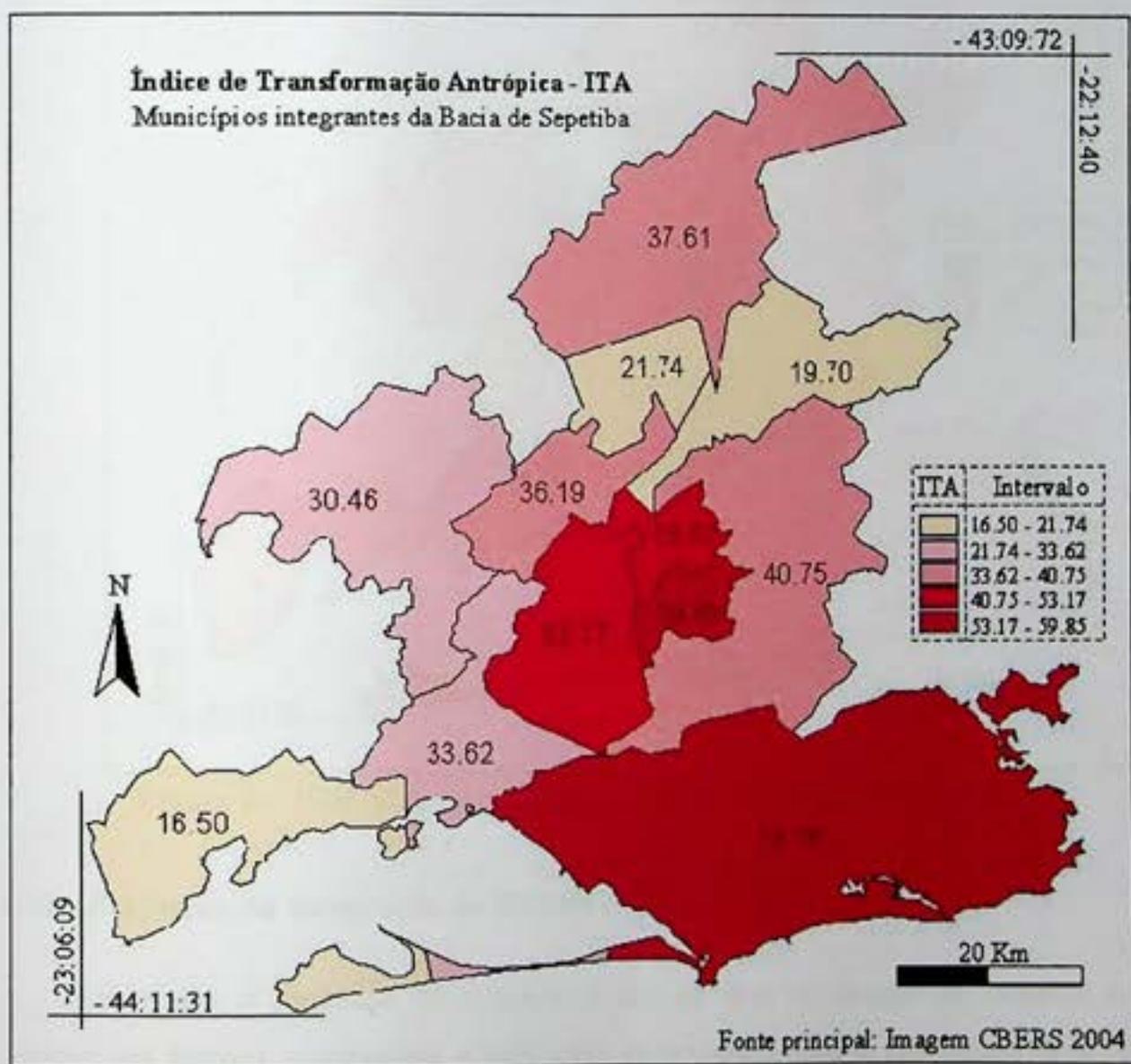


Figura 23: Índice de Transformação Antrópica (ITA) por município

6.9 - Apresentação do IDH-M

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M disponibilizado pelo IPEA (IPEA, 2003), tem como fonte os dados primários do censo do IBGE 2000. A

partir da base de dados fornecida pelo IPEA, que possui ainda os índices IDH-M Renda, IDH-M Longevidade e IDH-M Educação, é possível retratar a situação do desenvolvimento humano de todos os municípios do Brasil. A figura 24 apresenta a distribuição do IDH-M dos municípios participantes da bacia de Sepetiba.

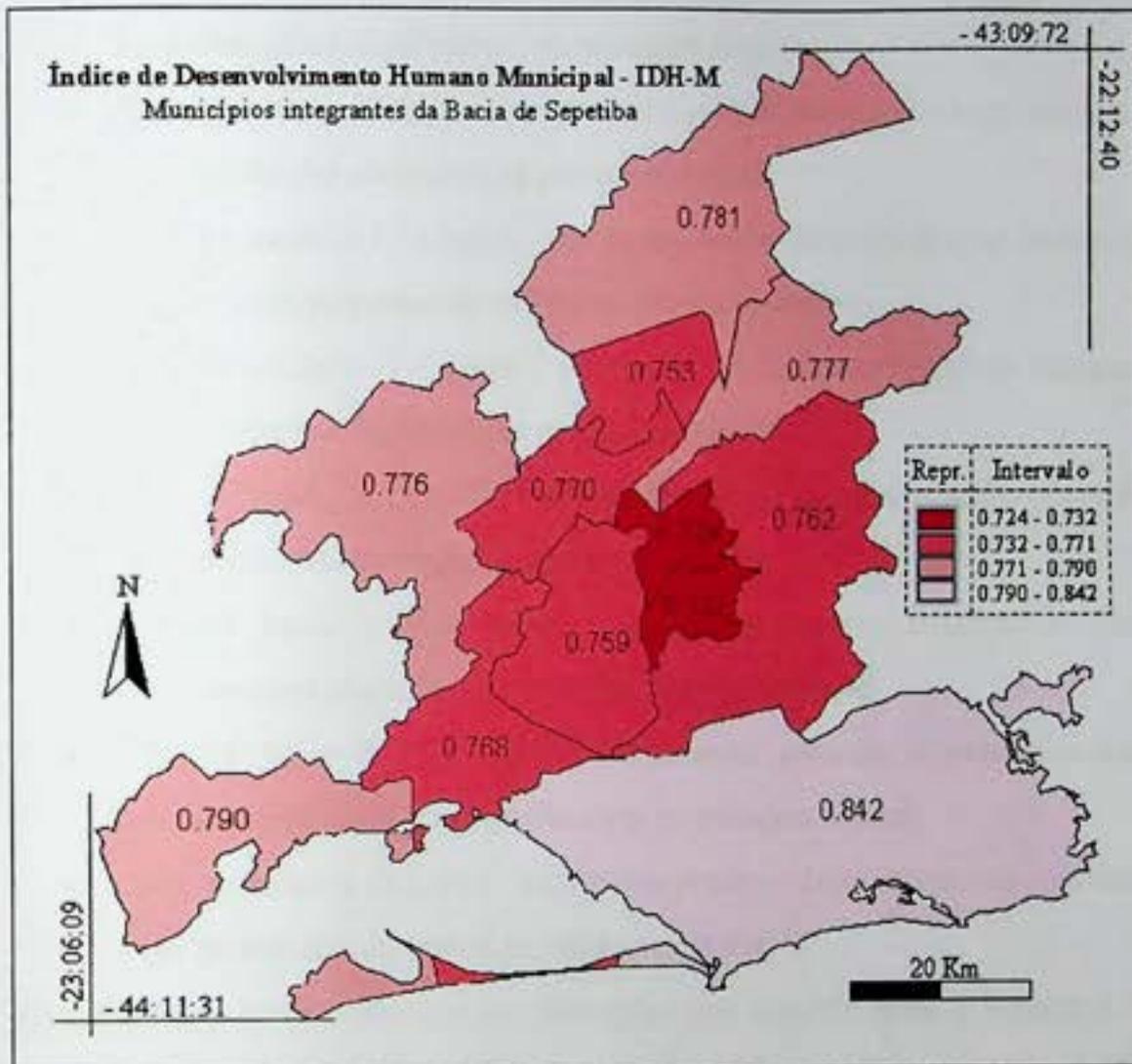


Figura 24: IDH-M dos Municípios participante da Bacia de Sepetiba

6.10 - Produção da Integração do IDH-M e ITA

Entender a dinâmica de ocupação e uso da terra na geração de recursos e o retorno em termos econômicos e bem estar da população não é uma tarefa fácil. O emprego de indicadores e a utilização de ferramentas computacionais para apresentar resultados têm facilitado na interpretação isolada dos eventos.

O uso de indicadores de gêneros distintos, como é o caso do ITA e do IDH-M, representa um passo significativo para ajudar entender a dinâmica da interação sociedade-natureza. Buscando entender a representatividade da interação destes

indicadores, tendo por base as escalas de valores, apresentadas anteriormente neste capítulo, dos indicadores envolvidos, identifica-se o seguinte quadro:

- IDH-M alto e ITA baixo - representa grande desenvolvimento humano com pequenas alterações na paisagem natural;
- IDH-M alto e ITA médio - representa grande desenvolvimento humano com alterações significativas na paisagem natural;
- IDH-M alto e ITA alto - representa grande desenvolvimento humano com profundas alterações na paisagem natural;
- IDH-M médio e ITA baixo - representa médio desenvolvimento humano, porém, com pequenas alterações na paisagem natural;
- IDH-M médio e ITA médio - representa médio desenvolvimento humano com alterações significativas na paisagem natural;
- IDH-M médio e ITA alto - representa médio desenvolvimento humano com profundas alterações na paisagem natural;
- IDH-M baixo e ITA baixo - representa pequeno desenvolvimento humano com pequenas alterações na paisagem natural;
- IDH-M baixo e ITA médio - representa pequeno desenvolvimento humano com alterações significativas na paisagem natural;
- IDH-M baixo e ITA alto - representa pequeno desenvolvimento humano com profundas alterações na paisagem natural;

No entanto, a análise holística das interações que ocorrem entre o homem e a natureza, ainda hoje, depende fundamentalmente do conhecimento e experiência de pesquisadores hábeis.

O caminho para diminuir esta dependência e aumentar o poder e o universo de interpretadores leva à busca de alternativas de integração por processos automáticos baseados em procedimentos simples e com resultados de interpretação também simples.

O primeiro passo para integração dos indicadores - IDH-M e ITA - é o ajuste dos valores calculados para o ITA à escala de valores adotados na construção do IDH, ou seja, de zero (0) a um (1). Para tanto, pode-se adotar a mesma fórmula, mostrada no capítulo 2, usada para ajustar os índices que compõem o IDH. ✓ ok

Feito isto, a alternativa mais imediata de integração seria adotar, na íntegra, a metodologia usada para a construção do IDH. Entretanto, embora já se tenha

compatibilizado os intervalos da escala de valores entre os indicadores, a avaliação das condições encontradas permanece com sentidos contrários. Por exemplo, o valor 0,3 para o IDH, significa um péssimo desenvolvimento humano, enquanto que este mesmo valor para ITA significa que o meio ambiente está relativamente preservado. Além disto, a utilização desta metodologia pode não mostrar claramente as correlações existentes entre um indicador e outro, uma vez que a média, pura e simples, entre os dois valores coloca ambos com o mesmo grau de participação e oculta suas particularidades. Esta situação fica mais clara quando o resultado da operação situa-se num valor médio. Por exemplo, um IDH-M baixo (0,2) com um ITA alto (0,8) ou ao contrário, um IDH-M alto (0,8) com um ITA baixo (0,2), o resultado das duas situações é um valor médio de 0,5 que, na prática, pouco mostra sobre interações ocorridas.

Visto que a proposição apresentada acima não consegue mostrar com clareza a natureza dos eventos, o procedimento integração adotado utilizou a fórmula onde a diferença entre os indicadores é dividida pela soma destes.

$$\text{Integração} = \frac{(\text{IDH-M} - \text{ITA})}{(\text{IDH-M} + \text{ITA})}$$

Esta alternativa permite expor com simplicidade as correlações existentes na integração destes indicadores.

Validação da Fórmula

Aplicando-se a fórmula a um conjunto de valores fictícios, criados com propósito de evidenciar situações reais possíveis de ocorrer, mostrados no anexo 4 - base de interpretação da integração do IDH-M e ITA - tem-se como resultado valores que possui uma amplitude que varia de -1 a 1, onde:

- Valores próximos de -1 - representa o pior cenário possível, ou seja, pouco desenvolvimento humano com degradação alta do ambiente;
- Valores próximos de 1 - representa melhor cenário possível, ou seja, alto desenvolvimento humano com pouca degradação do ambiente.

Além disso, sempre que o valor resultante for negativo indica que o ITA é maior que IDH-M.

Observando as situações demonstradas, percebe-se que a primeira mostra uma situação ideal e representa o objetivo a ser alcançado pelo novo paradigma de *segunda*

desenvolvimento. Por outro lado, a última situação apresentada representa o pior caso possível de desenvolvimento, muito comum em grandes áreas de garimpo, por exemplo.

Situação Real

Utilizando-se valores do IDH-M do ano de 2000 e do ITA calculado a partir do mapeamento de cobertura e uso da terra realizado no desenvolvimento deste trabalho, tem-se como resultado os valores da integração apresentados na coluna "IDH-M - ITA / IDH-M + ITA" da tabela 14, para cada município da área de estudo.

O resultado vem a ser de fato um novo indicador que possibilita analisar o desenvolvimento humano do ponto de vista econômico integrado ao comportamento natural em função das interações do homem. Além disso, o indicador criado transcende ao objetivo principal do conceito apresentado no capítulo dois, sintetizar a um único valor um conjunto de informações de uma mesma natureza, uma vez que consegue utilizar elementos de natureza distintas.

Uma análise rápida na tabela 14 mostra que dos municípios trabalhados, o de Queimados apresenta a pior relação entre o IDH-M e ITA e o município de Mangaratiba a melhor relação. O resultado encontrado também apresenta, com propriedade, os processos de ocupação da área e seus reflexos na paisagem, como demonstram os valores calculados para o ITA.

Tabela 14: Resultado da integração do IDH-M e ITA

MUNICÍPIO	IDH_M	ITA	ITA_DE_0_1	IDH-M - ITA / IDH-M + ITA
Queimados	0.73236	59.85861	0.59858	0.10051
Japeri	0.72436	53.02654	0.53026	0.15470
Seropédica	0.75926	53.17359	0.53173	0.17624
Rio de Janeiro	0.84219	58.76268	0.58762	0.17803
Nova Iguaçu	0.76219	40.75530	0.40755	0.30317
Vassouras	0.78110	37.61018	0.37610	0.34998
Paracambi	0.77073	36.19396	0.36193	0.36091
Itaguaí	0.76810	33.62376	0.33623	0.39106
Piraí	0.77653	30.45738	0.30457	0.43655
Eng. Paulo de Frontin	0.75320	21.74113	0.21741	0.55201
Miguel Pereira	0.77711	19.68623	0.19686	0.59575
Mangaratiba	0.79003	16.50896	0.16508	0.65430

Como pode ser visto ainda na tabela 14, na coluna "IDH-M - ITA / IDH-M + ITA, indicador calculado, não aparece valores menores que zero (0), o que significa que IDH-M sempre foi maior do que o ITA nos municípios envolvidos. O mapa apresentado na figura 25 mostra de forma espacializada o resultado da integração.

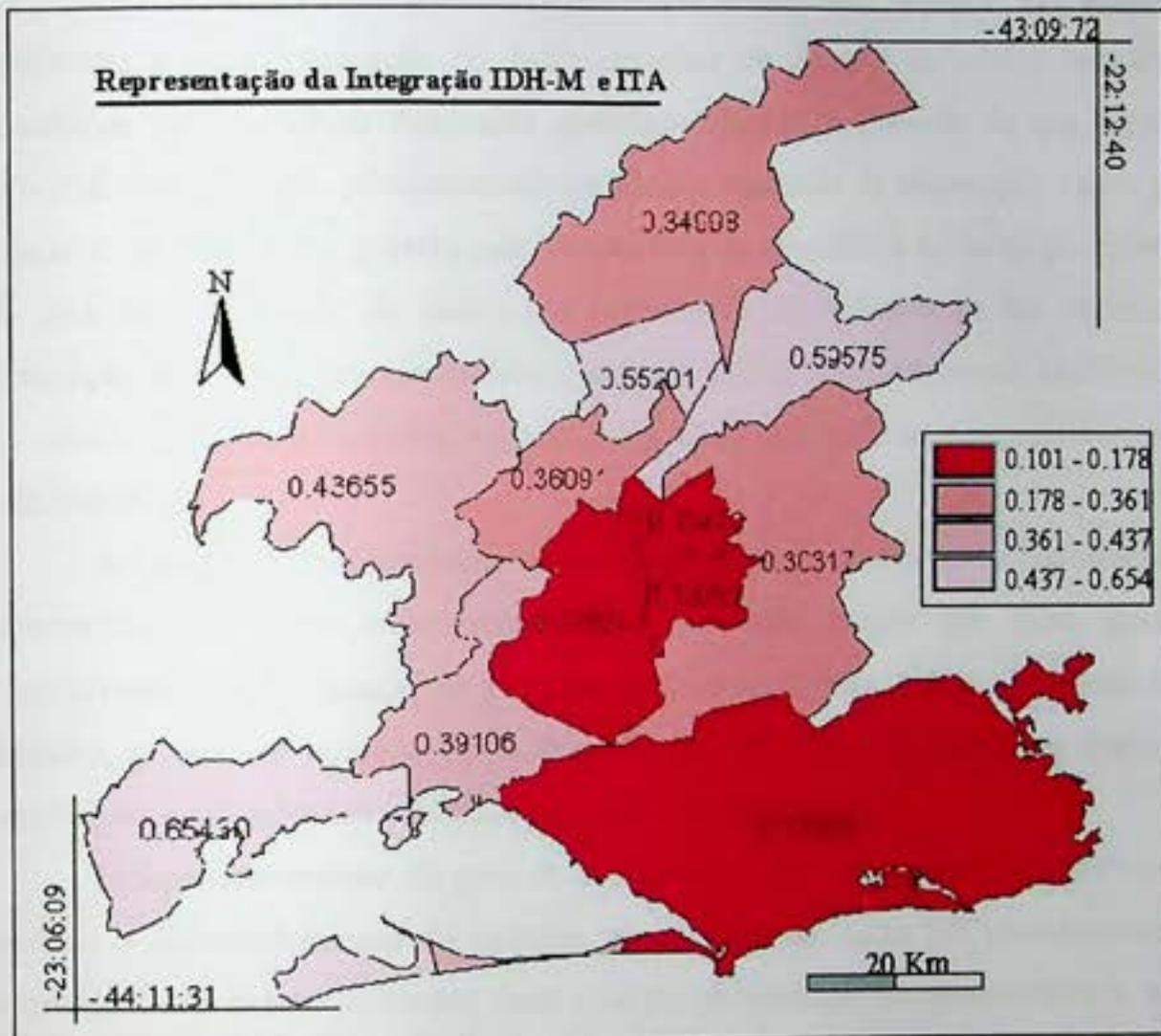


Figura 25: Integração do Índice de Transformação Antrópica (ITA) e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) por município

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

Uma das grandes questões envolvendo a dimensão humana das mudanças ambientais é se a integração de dados oriundos de imagens de satélite com dados censitários pode produzir resultados científicos válidos. A exemplo do que propõem Wood & Skole(1998), principalmente em escalas regionais de observação, vale a pena buscar a resposta desta questão pelo simples fato da abundância de dados já existentes. A farta disponibilidade de dados e a necessidade de aprimoração das técnicas de integração proporcionam um cenário promissor para o desenvolvimento acadêmico e, na medida em que os estudos avançam, vão sendo aplicados no desenvolvimento nas instituições.

Ao longo do desenvolvimento desta tese muitas questões se apresentaram com diferenciado grau de complexidade. A motivação trazida por estas questões transformaram-se no insumo de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho, o qual se acredita ser o início de um caminho mais amplo no sentido de aperfeiçoar e estender sua aplicação para todo território nacional.

Independentemente do grau de complexidade dos questionamentos encontrados durante o desenvolvimento do trabalho, algumas considerações que consubstanciam a importância do desenvolvimento deste e de sua continuidade são apresentados a seguir em dois tópicos. O primeiro - contribuições - retrata os aspectos mais diretamente envolvidos com os objetivos da tese. O segundo - limitações e trabalhos futuros - aborda pontos sobre as dificuldades encontradas e possíveis direcionamentos para continuidade e aprimoramento desta temática.

7.1 - Contribuições

A complexidade envolvida na produção e a demanda crescente por dados georreferenciados tem impulsionado as pesquisas no sentido de se produzir informações de forma mais efetiva. Inseridos neste contexto, a integração dos indicadores IDH-M e ITA, proposto no objetivo geral desta tese, representa um esforço no sentido de

apresentar uma nova abordagem à dimensão do desenvolvimento humano e o seu grau de satisfação, além de contribuir para o avanço dos mecanismos de avaliação.

A demonstração da viabilidade de utilização do trabalho desenvolvido, em um recorte mais amplo, deve-se aos resultados alcançados a partir da geração do ITA, considerando o mapeamento temático com uso de imagens classificadas e no método de integração utilizado. Para tanto, no desenvolvimento utilizou-se uma área teste que compreende 12 municípios do Estado do Rio de Janeiro com características diferenciadas, onde tem-se extratos representativos de eventos sócio-econômicos e de eventos ligados a cobertura e uso do espaço territorial envolvido.

Além disto, como decorrência do foco principal, outras contribuições importantes foram desenvolvidas no escopo desta pesquisa. O mapeamento de cobertura e uso da terra, a metodologia aplicada na criação do ITA e o desenvolvimento do Banco de Dados representam os objetivos específicos que, individualizados, possuem aplicabilidade em muitas situações. Um exemplo disto é a produção do ITA (anexo 2) para todos os municípios da Amazônia Legal, a partir do dados do tema vegetação do Projeto Sistematização, do IBGE.

O mapeamento da cobertura e uso da terra

O último grande levantamento sistemático de informações geoambientais no Brasil aconteceu com o projeto RADAMBRASIL, no período de 1971 a 1985. Desde então, pouco tem-se feito em caráter regional, ficando evidente a carência de informações sócio-ambientais que possam viabilizar a manutenção e atualização sistemática de Banco de Dados geoambientais para um mesmo espaço que permita acompanhamento por um longo período. Observa-se, ainda, que os poucos esforços existentes em grande parte são iniciativas de instituições federais e estaduais ocupadas em atender demandas específicas em áreas de interesse individualizadas no espaço e no tempo. Além disso, na maioria das vezes, os resultados destes levantamentos não conseguem ser levados a atores mais diretamente envolvidos com os processos que ocorrem nos locais dos eventos, como os prefeitos e a população de modo geral. Isto ocorre em função da complexidade apresentada nos aspectos levantados e pela distância tecnológica existente entre os poderes envolvidos, notadamente entre as esferas federal

e municipais, e também pela pequena participação do cidadão comum, por não conseguir enxergar que esta temática o afeta diretamente.

Neste cenário, a proposta apresentada de caracterizar a cobertura e uso da terra utilizando recursos materiais disponíveis, de fácil acesso e sem custo, mostrou que as imagens de satélites aliadas a outros recursos garantem qualidade e produtividade que permite retratar e monitorar sistematicamente grandes áreas em qualquer parte do território sem grandes investimentos materiais.

As imagens de satélites podem ser adquiridas para qualquer área do Brasil por diversos sensores, tomando por base a década de 80 do século passado, em sincronia com os levantamentos sócio-econômicos. Neste particular, destaca-se o potencial demonstrado pelo uso das imagens do satélite CBERS/CCD que pode ser trabalhada, com folga, nas escalas 1:100.000, ou maiores. Vale ressaltar ainda, o esforço do INPE disponibilizando seus acervos em dispositivos automáticos e buscando a autonomia do Brasil nesta área através do desenvolvimento de satélites em parceria com a China (Programa CBERS).

Aliado a disponibilidade de imagens, recentemente a NASA disponibilizou os arquivos da missão SRTM que permite a utilizar modelos digitais de elevação para qualquer região da superfície terrestre. O uso desta ferramenta permite um ganho considerável nos processos de mapeamento de um modo geral, notadamente para o tema cobertura e uso da terra permite esclarecer inúmeras dúvidas inerentes aos processos de classificação automática.

A utilização do ITA

A especificação e utilização de indicadores garante a existência de um conjunto de informações comuns sobre um determinado tema ou área, com regras claramente estabelecidas e aceitas pela comunidade envolvida. Indicadores facilitam a compreensão, a gerência, a integração e o uso compartilhado de informações entre usuários de diferentes formações, com diferentes níveis de experiência e diferentes propósitos. Estabelecer indicadores não é uma via de mão única: significa que tanto usuários e produtores de informação devem estar compromissados mutuamente em aceitar, usar e colaborar na evolução da metodologia estabelecida.

Notadamente, a área de recursos naturais carece de mecanismos que permitam acompanhar sua evolução ambiental, em particular o tema cobertura e uso da terra, devido à velocidade de degradação ambiental, que demanda respostas urgentes que acompanhem estas mudanças e a forma como isto afeta a natureza e, conseqüentemente, o homem.

As facilidades de sua construção a partir de fontes diversas de dados, de adequação de sua metodologia a vários níveis de detalhamento e de interpretação dos resultados apresentados, demonstradas ao longo do desenvolvimento desta tese, coloca o ITA como um instrumento com enorme potencial de emprego no acompanhamento do avanço do antropismo em todo território nacional.

O suporte do Banco de Dados

As últimas décadas têm sido marcadas por mudanças radicais nos ambientes de desenvolvimento de sistemas de dados geográficos. Observa-se um crescimento exponencial na disponibilização de dados em meio magnético (como mapas, imagens, vídeos e outros documentos não convencionais) sendo migrados para algum tipo de arquivo ou banco de dados.

Estudos e investimentos na áreas de processamento de dados buscam soluções no sentido de tratar de maneira cada vez mais eficiente o armazenamento e a recuperação de grandes volumes de dados. Dispositivos cada vez mais velozes com grande capacidade de armazenamento, aliados à estrutura de dados e a mecanismos de acesso eficientes, viabilizaram a manipulação de tipos de dados mais variados e a proliferação de acervos sob formas diversas.

Ao mesmo tempo, cada vez mais a habilidade de organizar, produzir e disponibilizar vem sendo descentralizada. Atualmente, é possível desenvolver aplicações que podem disponibilizar dados instantaneamente para qualquer parte do mundo por meio de serviços da Internet, independentemente do ambiente computacional.

A habilidade de pesquisadores para fazer uso de grande quantidade de dados depende das ferramentas de que dispõem para acessá-los e administrá-los. Criar e manter banco de dados é reconhecidamente o caminho mais efetivo de se usar

plenamente um acervo de dados. Significantes benefícios podem ser facilmente identificados:

- Visão única dos dados;
- Integridade e qualidade gerenciáveis;
- Redundância e acesso dos dados controlados;
- Disponibilidade a um maior número de pesquisadores;
- Facilidade de intercâmbio entre pesquisadores e instituições;
- Reconhecimento público da importância do acervo;
- Redução de esforços de transformação e manutenção dos dados.

Em linhas gerais, a estrutura de banco de dados criado para dar suporte ao desenvolvimento desta tese apoia-se nos conceitos e propriedades que atendem a um ambiente geoespacial. Além disto, apresenta um nível de abstração da realidade, discutida com pesquisadores e técnicos envolvidos no tema que preenche os requisitos solicitados. Assim, acredita-se que o esforço de desenvolvimento deste banco pode representar uma contribuição substancial em projetos desta natureza.

7.2 - Limitações e Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento deste trabalho muitas questões foram sendo levantadas sem que fossem totalmente resolvidas, umas por extrapolar os objetivos propostos e outras que exigiram a adoção de caminhos alternativos. Como sugestão para continuidade de trabalhos futuros no sentido de aprimorar e consolidar esta linha de pesquisa serão apresentadas as principais dificuldades e possíveis alternativas de soluções.

Os materiais utilizados e métodos desenvolvidos permitem uma atualização constante do acervo, podendo garantir um monitoramento sistemático. Além disso, as informações geradas e organizadas ao longo da pesquisa compõem uma base de dados georreferenciada, estruturada de forma a atender a todos os requisitos de um Sistema de Informações Geográficas. No entanto, identifica-se que este tipo de acervo necessita de ambiente que permita democratizar o uso da informação. Um ambiente livre, com níveis de acesso controlados, poderia servir de depositário deste e de outros

levantamentos. Vislumbra-se, com isso, um cenário com o imenso potencial de aplicação e acompanhamento de eventos geográficos disponível à gama de pesquisadores e produtores empenhados na manutenção de banco de dados com esta característica. Uma tentativa muito interessante e imediata seria a utilização das estruturas que contemplam a operação de campo como ponto de partida desta tentativa. Um levantamento minimamente uniforme de campo, utilizando a caderneta apresentada e o seu armazenamento em ambiente de livre acesso, certamente servirá de apoio a estudos que extrapolam o tema cobertura e uso da terra

A criação e consistência do ITA depende, fundamentalmente, do detalhamento das classes de cobertura e uso da terra escolhidas e dos valores de parâmetros adotados. Sistemas de classificação não são comuns no Brasil e as particularidades de tipologias aqui encontradas não permitem a aplicação imediata de sistemas internacionais. A garantia de consolidação de um indicador e uma utilização efetiva só são possíveis dispondo-se de definições, parâmetros e procedimentos organizados e padronizados. O Brasil necessita urgentemente ampliar a discussão no sentido de consolidar os esforços individuais em criar um sistema de classificação de cobertura e uso da terra. Além disso, as dificuldades de estabelecer valores para os parâmetros "nível de transformação antrópica" e "potencialidade de transformação" na criação do ITA ampliam o escopo que necessita ser contemplado.

Durante o processo de aquisição de dados, tornou-se evidente a dificuldade de identificar acervos de dados disponíveis nas diversas instituições provedoras de informações, a exemplo das Fundações IBGE e CIDE. Vale ressaltar que apesar de todos esses problemas, esta atividade contou com a extrema boa vontade do corpo técnico dos órgãos consultados. Embora exista, por parte destes órgãos, uma política de disseminação de dados, inclusive no ambiente Internet, falta muito para que os usuários possam fazer uso pleno desses recursos, notadamente pela falta de descritores das informações contidas em seu acervo. De forma geral, é necessário um árduo esforço de levantamento, investigação e contatos pessoais para a identificação do material disponível, a sua forma de apresentação, sua qualidade e seu período de referência. Embora perceba-se que já exista uma conscientização geral da necessidade de se estabelecer padrões de metadados geoespaciais, os esforços encontrados ainda são isolados, como os do INPE, do IBGE e do Governo de Minas Gerais. Dentre estes

podemos citar: o Catálogo de Informações Geográficas da GeoMINAS (GEOMINAS, 2003). Estas iniciativas, já implementadas ou em desenvolvimento utilizando variações do padrão do *Federal Geographic Data Committee* - FGDC (FGDC, 1994), ainda são bastante incipientes, não tendo sido formalizadas e discutidas em um âmbito mais geral. Portanto, não se tem ainda um padrão discutido no nível nacional. Desta forma, fica claro que existe a necessidade urgente de adotar-se políticas de cooperação interinstitucionais que garantam melhor aproveitamento dos acervos de dados existentes. O primeiro passo seria criar um padrão de metadados único ou reconhecimento das versões existentes criando-se mecanismos que possibilitem a interoperabilidade destes. O segundo passo seria criar mecanismos para que órgãos e instituições pudessem disponibilizar seus metadados em um ambiente único.

A proposta apresentada para aquisição dos dados e a integração de indicadores mostra uma nova alternativa no sentido de prover dados de fácil interpretação. Desta forma, a nova ordem que busca comprometimento de todos, tanto os tomadores de decisão quanto aos afetados por essas, no acompanhamento da dinâmica de transformação da sócio-ambiental, ganha um ferramental com perspectiva de amplo desenvolvimento e utilização. De tudo, tem-se a certeza de que o caminho escolhido para realização deste trabalho é apenas um começo e que existe um universo de alternativas de soluções a serem desenvolvidas e testadas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AB'SABER, A.; BERNARDES, N. **Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo**. In: Congresso Internacional de Geografia, 18. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, 1958. 303 p. (Guia de excursão n. 4)

ANA - Agência Nacional de Águas. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: Documento de Referência**. 2003. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm>. Acesso em: jan. 2005.

ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITMER, R.E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Tradução de Harold Strang da revisão da Circular 671, publicada no Documento Técnico 964 do Geological Survey. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1979. 80p.

BECKER, B. **A (des)ordem global, o desenvolvimento sustentável e a Amazônia**. In: CHRISTOFOLETTI, A. *et al.* (Orgs.). **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**. São Paulo e Rio de Janeiro: HUCITEC e CNB/UGI, 1995.

BORGES, K. **Modelagem de Dados Geográficos - Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas**. Belo Horizonte, MG: Fundação João Ribeiro (Tese de Mestrado), 1997.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.10, de 1 de outubro de 1993. Estabelece os Parâmetros Básicos para Análise dos Estágios de Sucessão de Mata Atlântica. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, DF, 3 nov. 1993. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res1093.html>>. Acesso em: jul. 2004.

BRYLD, B. **Working list of indicators of sustainable development in Sustainability Indicator**: Report of project on indicators of Sustainable Development. Scientific Committee On Problems of the Environment (SCOPE), 1997. Disponível em: <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58/box21-tab1.html>>. Acesso em: dez. 2000.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assesment**. Oxford, Clarendon Press, 1987. 333p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. Tutorial. São José dos Campos, SP: INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 1996.

CÂMARA, G. **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. Livro on line. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>>. Acesso em: jun. 2000.

CÁRDENAS, F. P. A. *et al.* **Elaboração de cartas de vulnerabilidade natural à erosão com o uso de sistemas de informações geográficas**. 1999, 12 p. Disponível em: <<http://www.geologiabr.hpgvip.ig.com.br/ambiental/elaboracao.htm>>. Acesso em: maio 2004.

CCMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p.

CEC (Commission of the European Communities). **CORINE Land Cover: guide technique**. Luxembourg: Office for Publications of the European Communities, 1993. 144 p.

CHILDS, C. **Interpolating surfaces in arcgis spatial analyst**. ESRI Education Services. out. de 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1999. 234p.

CIDE - Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. **Mapas Interativos I: informações básicas do Estado do Rio de Janeiro**. CD-ROM interativo, 2000.

CIMA - Comissão Interministerial para Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. **O Desenvolvimento Sustentável – Relatório do Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília: Secretaria de Imprensa da Presidência da República, 1991.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. (Org.) **Geomorfologia: uma revisão de conceitos e bases**. Ed. Bertrand, cap. 3, p. 93-148, 1994.

COSTA, D. T. de M. A. **O Geoprocessamento como ferramenta metodológica ao monitoramento ambiental**. 2003. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: Unicamp, Instituto de Geociências, Departamento de Metalogênese e Geoquímica, 1992. 170p.

CURRAN, P. J. **Principles of remote sensing**. New York: Longman Scientific & Technical, 1985.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). **A framework for land evaluation**. Roma: FAO; Wageningen: ILRL, 1976. 72p. (Soils Bulletin, n. 32)

FARR, T.G.; KOBRICK, M. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. **Amer. Geophys. Union Eos**, v. 81, 2000, p. 583-585.

FELICÍSSIMO, A.. **Modelos digitais del terreno**. Universidade de Oviedo, Espanha, 2004. Disponível em: <<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/index2.html>>. Acesso em: mar. 2005. (Curso de Introducción).

FERNANDES, M. C. **Desenvolvimento de rotina de obtenção de observações em superfície real: uma aplicação em análises geoecológicas**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO, 2004. Tese (Doutorado em Geografia).

FERRARI, R. **Viagem ao SIG: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de SIG**. Curitiba: Sagres Ed., 1997, 174p.

FGDC - Federal Geographic Data Committee. **Content Standards for Digital Geospatial Metadata**. Washington D.C.: FGDC, 1994. Disponível em: <<http://fgdc.er.usgs.gov/gdc/html/fgdc.html>>. Acesso em: mar. 2000.

GALLOPÍN, G.C. **Indicators and their use: information for decision-making. in sustainability indicator**. Report of project on indicators of Sustainable Development, Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), 1997. Disponível em: <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58/ch01-introd.html>>. Acesso em: agosto 2003.

GEOEXPLORE Consultoria e Serviços Ltda. **Imagens de satélite**. Disponível em: <<http://www.geoexplore.com.br/proimg0.asp>>. Acesso em: fev. 2005.

GEOMINAS - Governo do Estado de Minas Gerais. Programa integrado de uso da tecnologia de geoprocessamento pelos órgãos do Estado de Minas Gerais. Catálogo de Informações Geográficas. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br>>. Acesso em: jan. 2004.

HEADY, B.; LITTLE, J. **SRTM Data Processing Status at NIMA**. National Imagery and mapping Agency - NIMA. Agosto, 2003, CD-ROM.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, 2002, 195p.

_____. **Manual técnico de pedologia**. SOUZA, C.G. (Coord.). Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1995. 104p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 4).

_____. **Manual técnico de uso da terra**. SOKOLONSKI, H.H. (Coord.). Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais / Primeira Divisão de Geociências do Nordeste, 1999. 58p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7).

_____. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: IBGE, no prelo.

IEF (Fundação Instituto Estadual de Florestas). **Programa de Zoneamento Econômico-Ecológico do Estado do Rio de Janeiro**. Projeto I: Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA. 1996. Sepetiba.doc, 1 arquivo (924 kbytes). Word for Windows 6.0.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Segmentação de imagens** Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/c_segmen.htm>. Acesso em: maio 2005.

_____. **Spring básico de processamento de imagem**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/spring/Spr_3_Impima_registro_arquivos/slide0031_image018.jpg>. Acesso em: out. 2004. (Material de curso)

IPEA - Instituto de Pesquisa. Econômica Aplicada. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. 2003. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/>>. Acesso em: maio 2003.

ISB. **Índice de Sustentabilidade de Blumenau**. FAEMA, 1997. Disponível em: <<http://www.faema.org.br>>. Acesso em: out. 2004.

JANNUZZI, P.M. **Indicadores sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações**. Campinas, SP: Editora Alinea, 2001. 141p.

JPL - Jet Propulsion Laboratory. **Shuttle radar topography mission**. Califórnia Institute of Technology, 2003. Disponível em: <<http://www.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em: nov. 2003.

LAMEGO FILHO, A.R. **O homem e a Guanabara**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1964. 408p.

LAMEGO FILHO, A.R. **O homem e a Serra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1963. 454p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons Inc., 1994. 750p.

LIMA, W.P. **O Que é manejo de bacias hidrográficas**. In: Manejo de microbacias hidrográficas. São Paulo: USP, Departamento de Ciências Florestais, Laboratório de Hidrologia Florestal, cap. 1, 2003. Disponível em: <<http://lcf.esalq.usp.br/lhf/apostila/cap01.pdf>> . Acesso em: out. 2003.

LONGLEY, P.A. *et al.* **Introduction in geographical information system**. In: MAGUIRE, D.J. *et al.* (Ed.). **Geographical Information System**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, v.1, 1999.

LUSCH, D.P. **Introduction to environmental remote sensing**. Michigan, USA: Michigan State University, Center for Remote Sensing and Gis, 1999. Tutorial: Gis and Remote Sensing Seminar-1.

MATEO, J. **Geoecologia de los paisajes**. Universidad Central de Caracas, 1991. Monografia.

MEADOWS, D.L., MEADOWS, D. H., RANDERS, J.; BEHRENS, W.W. 1972. **Limites do crescimento- um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade**. São Paulo: Ed. Perspectiva.

MOREIRA, I. V. D. (Tradução) **Vocabulário Básico de Meio Ambiente**. 4. ed. Fundação Estadual de Meio Ambiente, Petrobrás, RJ, 1992.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2001. 250p.

NASA. **Shuttle radar topographic mission**. Disponível em: <<http://www-radar.jpl.nasa.gov/srtm>>. Acesso em: nov. 2003.

NAVATHE, B. Shamkant, CERI, Stefano & BATINI, Carlo. **Conceptual Database DeSGIn**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1992.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308p.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. **Environmental indicators: development measurement and use**. 2003, 37 p. Disponível em <<http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf>>. Acesso em: nov. 2004.

OGC - Open Gis Consortium. **Interoperability resources**. Disponível em: <<http://www.opengis.org/techno/interop/index.htm>>. Acesso em: nov. 2000.

ORACLE Corporation. **New version of spatial data option catapults oracle universal server into new mapping and network applications leading industry partners commit to develop oracle-powered spatial**. Disponível em: <http://www.oracle.com.ar:1000/corpnews/cn_0227.htm>. Acesso em: out. 2000.

ORSOLON, A.M. *et al.* **Planejamento ambiental: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum: uma necessidade, um desafio**. Coordenado por Almeida, J. Rio de Janeiro, Thex ed.: Biblioteca Estácio de Sá, 1993. 176p.

PARENT, C.; SPACCAPIETRA, S.; ZIMANYI, E.; VANGENOT, C. **Modeling Spatial Data in MADS Conceptual Model**. In: **Proc. of the International Symposium on Spatial Data Handling - SDH 98**. Vancouver, Canada, July 11-15, 1998.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. **The shuttle radar topography mission: a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar**. German Aerospace Center (DLR). 2002.

RADAMBRASIL. **Projeto Radam Brasil - Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. 1983.** 775 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v.32).

RICHARDS, J.A. **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction.** Germany: Springer, 1999. 363p.

RINDFUSS, R.R.; STERN, P.C. **Linking remote sensing and social science: the need and the challenges.** In: LIVERMAN, D.; MORAN E.F., RINDFUSS, R.R.; STERN, P.C. (Ed.) *People and Pixels: Linking remote sensing and social sciences.* Washington, DC: National Academy Press. 1998. Cap. 1, p.1-27.

RITCHIE, W. *et al.* **Surveying and mapping for field scientists.** Singapura: Longman Scientific & Technical, 1977.

SAE - Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **As fases e as etapas do zoneamento ecológico-econômico do território nacional.** Anexo I. Brasília: SAE/PR, 1991.

SANTOS, C.A.; VIEIRA, A.M.B. Banco de dados geoespacial para suporte ao Projeto SIVAM. In: Congresso GISBrasil 1999. Salvador, Bahia, 1999. **Anais CD-ROM....**

SANTOS, M. **Espaço e Método.** 3.ed. São Paulo: Nobel, 1992. 88p.

SLATER, P. N. **Remote sensing optics and optical systems.** Massachusetts: Addison Wesley Publishing Company, Inc., 1980.

STONE, E.W. Outlook for the future. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Singapore, 1997. **Anais Eletrônicos...** Disponível em: <http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/wesigrs.html>. Acesso em: nov. 2002.

SYDENSTRICKER, I. (coord.). **Guia sócio-econômico dos municípios do Estado do Rio de Janeiro. Região Metropolitana.** Rio de Janeiro: Gráfica JB, v. 1, 1993a. 142p.

_____. **Guia sócio-econômico dos municípios do Estado do Rio de Janeiro. Interior.** Rio de Janeiro: Gráfica JB, v. 1 e 2, 1993b. 344p.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informação geográfica.** Rio Claro, SP: edição do autor, 1992.

THOME, R. **Interoperabilidade em geoprocessamento: Conversão entre modelos conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e Comparação com o Padrão Open GIS.** São Paulo: INPE, 1998. Tese de Mestrado. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/thome>>. Acesso em: nov. 2003.

TROPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente.** 4.ed. Rio Claro, São Paulo: Edição do autor, 1995. 259p.

UICN - União Internacional para a Conservação da Natureza. **Estratégia mundial para a conservação: a conservação de recursos vivos para um desenvolvimento sustentado.** São Paulo: CESP, v. 1, 1984.

VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2004.

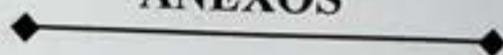
VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.R.; LIMA, J.C. **Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

VIEIRA, A.M.B. **Sistema de cobertura e uso da terra: uma abordagem em múltiplos níveis.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, 2005. 203f. Tese (Doutorado em Geografia).

VIEIRA, A.M.B. & SANTOS, C.A. Integração, em ambiente Mge/Oracle, de bancos geoespaciais replicados devido sua natureza. In: Congresso GISBrasil 2000, Salvador, Bahia, 2000. **Anais CD-ROM....**

WOOD, C.H.; SKOLE D. **Linking satellite, census, and survey data to study deforestation in the Brazilian Amazon.** In: LIVERMAN, D.; MORAN E.F., RINDFUSS, R.R.; STERN, P.C. (Ed.) *People and Pixel: Linking remote sensing and social sciences.* Washington: National Academy Press. 1998. Cap. 4, p.70-93.

ZEE-RJ - Programa de Zoneamento Econômico-Ecológico do Estado do Rio de Janeiro - Zee/RJ - Projeto I - **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba.** Rio de Janeiro. UFRJ, NCE, CARTOGEO / EMBRAPA, 1996.

ANEXOS

ANEXO 1**Trabalho de Campo**

Cobertura e Uso da Terra

CADERNETA DE CAMPO

INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL	
-------------------------	--

PROJETO	
---------	--

DATA DE LEVANTAMENTO	_ _ _ / _ _ _ / _ _ _ _ _
----------------------	---------------------------

PARTICIPANTES

--

CADASTRO DO PONTO

EQUIPAMENTO GPS	DESCRIÇÃO	
	PRECISÃO EM METROS	
PROJEÇÃO		
DATUM		
LATITUDE (gg:mm:ss)		
LONGITUDE (gg:mm:ss)		
ID. FOTOGRAFIA 1 ¹		
DESCRIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO		

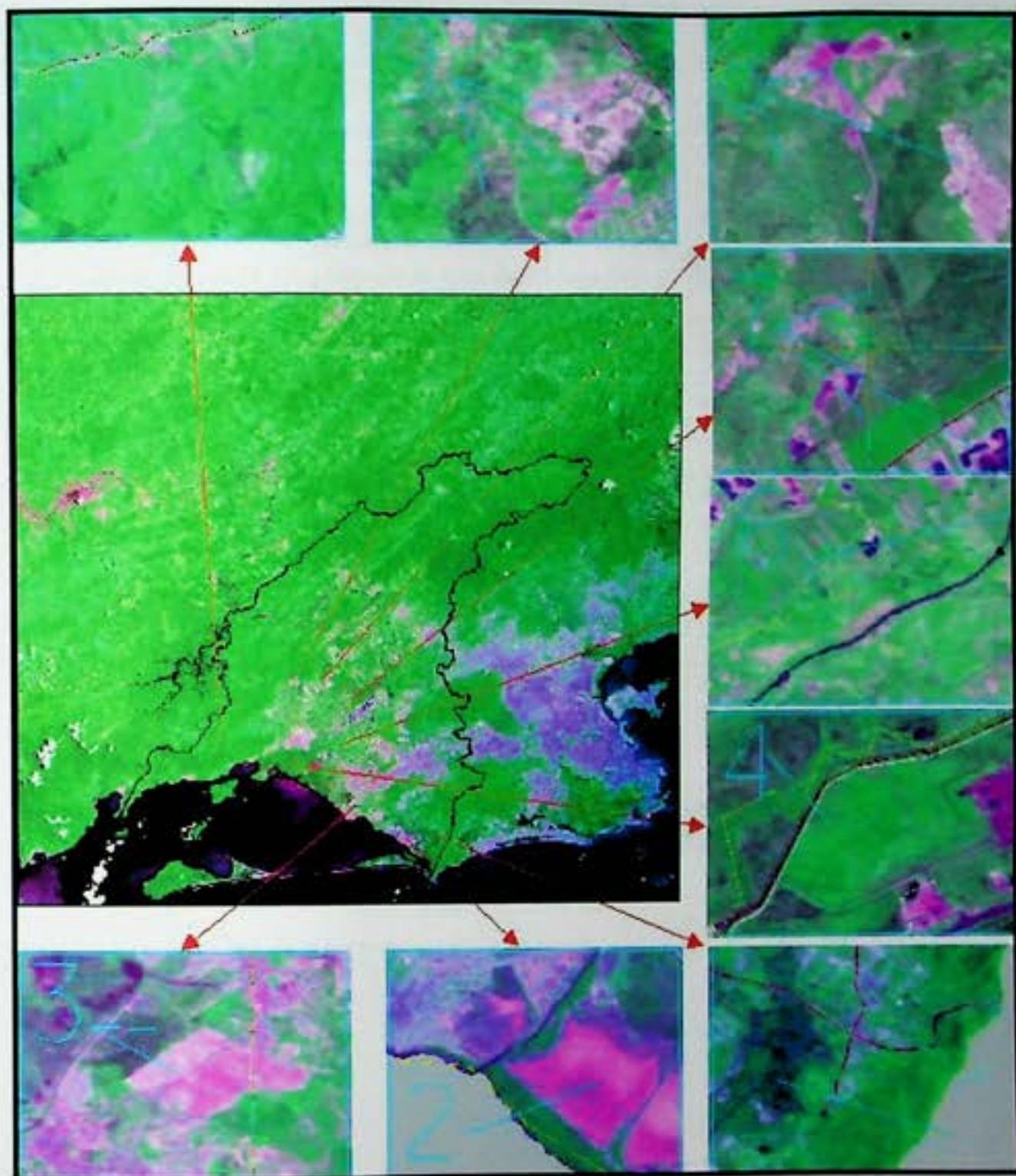
DESCRIÇÃO DA PAISAGEM

TIPO DE COBERTURA			
TIPO DE USO			
TIPO DE SOLO			
DRENAGEM DAS TERRAS	<input type="checkbox"/> SECAS	<input type="checkbox"/> ENCHARCADAS	<input type="checkbox"/> INUNDADAS
ID. FOTOGRAFIA 2 ²			
DESCRIÇÃO DO RELEVO			
DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			

¹ Identifica a localização central do ponto

² Apresenta uma visão geral ponto

ÁREA DE LEVANTAMENTO DE CAMPO 1

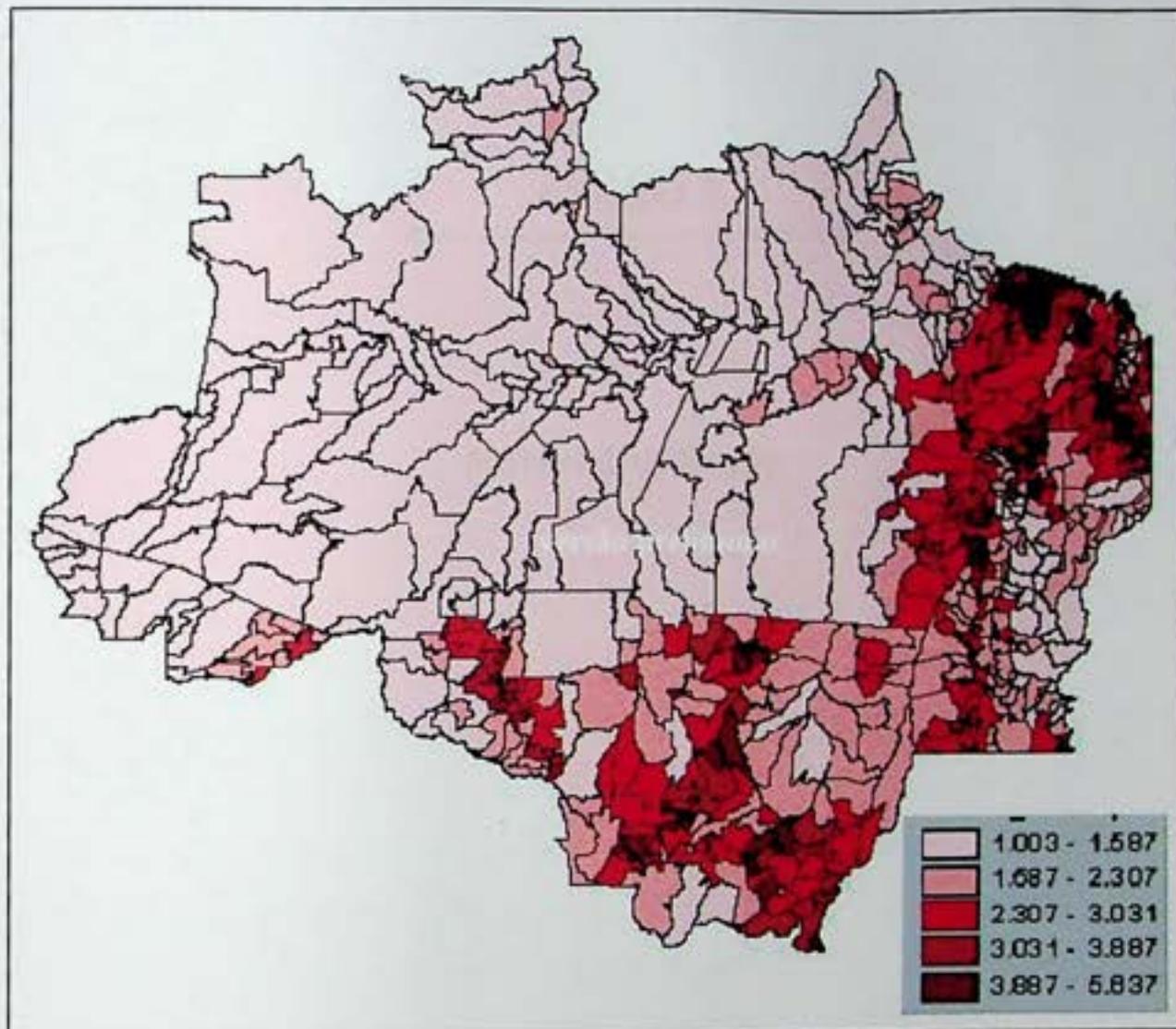


**PONTOS COLETADOS EM CAMPO NA ÁREA DA BACIA DE SEPETIBA,
EM 26/06/2004**

Pt.	Long. (o) grau/min/seg	Lat. (s) grau/min/seg	Descrição física	Descrição temática
1	43 33 12	23 03 06	Início da área	
2	43 33 37	23 02 14		mangue
3	43 33 00	23 01 29		mangue com apicum
4	43 35 20	22 59 52		pasto
5	43 36 24	22 59 36	cruzamento estrada da Matriz (Pedra de Guaratiba) e rio Piraquê	corpo d'água (rio)
6	43 36 18	22 59 13	Estação de trem Faz. Mato Alto Rio-Santos perto do Rio Piraquê	pasto
7	43 41 25	22 57 28	Estrada de Sepetiba	conjunto Nova Sepetiba
8	43 40 31	22 53 35	cruz. Av Brasil e Rio-Santos	infra-estrutura de acesso
9	43 43 04	22 53 02	cruz. canal de São Francisco e Rio-Santos	agricultura permanente
10	43 41 38	22 49 30	Estr. Piranema 643	areal Flor de Seropédica
11	43 43 11	22 43 57	após Seropédica, rua à esquerda	lado esquerdo -solo exposto lado direito - pasto
12	43 43 40	22 45 10	após Seropédica, rua à esquerda	lado direito - pasto alagado lado esquerdo - pasto
13	43 43 10	22 45 10	após Seropédica, rua à esquerda	lado direito- pedreira Fonte Limpa
14	43 39 21	22 47 07	Rio-Santos (entre Seropédica e reta de Piranema)	ao fundo- refl. de eucalipto na frente - graminca
15	43 38 56	22 47 39	cruz. reta de Piranema e Rio-Santos	infra-estrutura de acesso
16	43 35 47	22 52 08	cruz. viaduto Cabritos e Av. Brasil	infra-estrutura de acesso

ANEXO 2**Índice de Transformação Antrópica - ITA
da Amazônia Legal**

Índice de Transformação Antrópica - ITA
Amazônia Legal

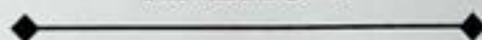


Fonte:
Projeto Sistematização, Tema VEGETAÇÃO
Detalhe compatível com a escala 1:250.000
Áreas calculadas na projeção Albers.
Levantamento entre 1998 e 2003.

ANEXO 3**Material utilizado**

Material Utilizado

- Material bibliográfico levantado e consultado que se apresenta nas citações no corpo do trabalho;
- Imagem digital Landsat/TM de setembro de 2000, período do levantamento censitário;
- Imagem digital CBERS/CCD de outubro de 2004 e janeiro de 2005
Cenas: 151/125 e 151/126
Bandas: 2 (visível - verde), 3 (visível - vermelho) e 4 (infravermelho próximo);
- Base cartográfica digital (hidrografia, sistema viário, limites políticos) derivada das cartas na escala 1:50.000 do mapeamento sistemático brasileiro. Limites políticos municipais tendo o ano 2000 como referência compatível com IDH-M. Hidrografia e sistema viário de várias datas que, para o mapeamento temático, não chega comprometer;
- Arquivos da missão SRTM (S23W044, S23W045, S24W044 e S24W045), com resolução espacial de 90 m para construção do Modelo Digital de Elevação;
- Mapeamento do tema "Uso do Solo e Cobertura Vegetal" da fundação CIDE, trabalhadas originalmente na escala 1:50.000 (Região Metropolitana) e 1:100.000 (restante do Estado), foram agrupadas formando do território do Estado do Rio de Janeiro, sendo apresentadas com níveis de detalhes compatíveis com a escala 1:450.000 e obtidos através do aplicativo Mapas Interativos I - Informações Básicas do Estado do Rio de Janeiro, disponibilizado pela fundação CIDE (CIDE, 2000);
- Dados sócio-econômicos relativos ao IDH-M, obtidos através do aplicativo Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil disponibilizado pelo IPEA (IPEA, 2003);
- *Software* de geoprocessamento SPRING (INPE), versão 4.0;
- *Software* de geoprocessamento ArcView (ESRI), versões 3.2 e 8;
- *Software* de geoprocessamento Global Mapper, versão 5.0;
- *Software* de gerenciamento de Banco de Dados MYSQL versão 4.0;
- Receptores GPS de navegação, marca Garmin, modelo GPS III Plus.

ANEXO 4

Base de interpretação da integração do IDH-M e ITA

tipo de integração	IIDH_M	ITA	IDH-M - ITA / IDH-M + ITA
idh_baixo_ita_baixo	0.10000	0.10000	0.00000
idh_baixo_ita_baixo	0.10000	0.20000	-0.33333
idh_baixo_ita_baixo	0.10000	0.30000	-0.50000
idh_baixo_ita_medio	0.10000	0.40000	-0.60000
dh_baixo_ita_medio	0.10000	0.50000	-0.66666
dh_baixo_ita_medio	0.10000	0.60000	-0.71428
idh_baixo_ita_alto	0.10000	0.70000	-0.75000
idh_baixo_ita_alto	0.10000	0.80000	-0.77777
idh_baixo_ita_alto	0.10000	0.90000	-0.80000
idh_medio_ita_baixo	0.50000	0.10000	0.66666
idh_medio_ita_baixo	0.50000	0.20000	0.42857
idh_medio_ita_baixo	0.50000	0.30000	0.25000
idh_medio_ita_medio	0.50000	0.40000	0.11111
dh_medio_ita_medio	0.50000	0.50000	0.00000
dh_medio_ita_medio	0.50000	0.60000	-0.09090
idh_medio_ita_alto	0.50000	0.70000	-0.16666
idh_medio_ita_alto	0.50000	0.80000	-0.23076
idh_medio_ita_alto	0.50000	0.90000	-0.28571
idh_alto_ita_baixo	0.90000	0.10000	0.80000
idh_alto_ita_baixo	0.90000	0.20000	0.63636
idh_alto_ita_baixo	0.90000	0.30000	0.50000
idh_alto_ita_medio	0.90000	0.40000	0.38461
dh_alto_ita_medio	0.90000	0.50000	0.28571
dh_alto_ita_medio	0.90000	0.60000	0.20000
idh_alto_ita_alto	0.90000	0.70000	0.12500
idh_alto_ita_alto	0.90000	0.80000	0.05882
idh_alto_ita_alto	0.90000	0.90000	0.00000