

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS**  
**E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

**UTAIGUARA DA NÓBREGA BORGES**

Geógrafo, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 2005

**ANÁLISE DE RISCOS POTENCIAIS DE DEGRADAÇÃO**  
**AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**  
**URBANAS COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA**  
**GEOINFORMAÇÃO DE BAIXO CUSTO**

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Centro de Tecnologia e Geociências, da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr Admilson da Penha Pacheco, como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, área de concentração Cartografia e Sistemas de Geoinformação.*

**ORIENTADOR:**

Admilson da Penha Pacheco

**RECIFE - PE**

**2008**

**B732a**

**Borges, Utaiguara da Nóbrega.**

Análise de riscos potenciais de degradação ambiental em bacias hidrográficas urbanas com apoio de tecnologias de Geoinformação de baixo custo / Utaiguara da Nóbrega Borges. - Recife: O Autor, 2008. xvii, 160 folhas, il : figs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2008.

Inclui bibliografia e Anexos.

1. Geoinformação. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Bacias Hidrográficas. 4. Degradação Ambiental. I. Título.

**UFPE**

**526**

**CDD (22. ed.)**

**BCTG/2008-199**

**ANÁLISE DE RISCOS POTENCIAIS DE DEGRADAÇÃO  
AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS  
URBANAS COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA  
GEOINFORMAÇÃO DE BAIXO CUSTO**

**POR  
UTAIGUARA DA NÓBREGA BORGES**

Dissertação defendida e aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ /2008

---

**Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco**

Departamento de Engenharia Cartográfica - UFPE

---

**Prof. Dr. Tarcisio Ferreira Silva**

Departamento de Engenharia Cartográfica - UFPE

---

**Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima**

Departamento de Geociências - UFPB

**RECIFE - PE**

**2008**

*Dedico em especial à minha filha Tainanda  
Lígia, fonte de motivação e razão de viver.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoa de Ensino Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo no período de realização da pesquisa.

Ao corpo docente da Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Departamento de Engenharia Cartográfica da Universidade Federal de Pernambuco.

Ao orientador Prof. Dr. Admilsom da Penha Pacheco, por ter me dado a honra de ser seu orientando, pela compreensão e atenção durante todo o período do Mestrado, e pela confiança e amizade que deixou ser construída durante essa jornada.

Ao Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima, pela paciência, orientação, compreensão, tempo e atenção proporcionada no decorrer do desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Tarcisio Ferreira Silva, que apesar de aparecer na metade dessa trajetória, foi uma pessoa bastante aberta ao diálogo e disposto a contribuir com o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Daniel Carneiro, por ter demonstrado atenção e amizade, e pela oportunidade cedida no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos.

Aos alunos do mestrado pelas grandes contribuições, amizade, confiança, entre várias outras conquistas que não caberiam nessa folha se fossem listadas, e que chegaram a extrapolar as barreiras acadêmicas. Não só agradeço, como irei cultivar durante toda minha vida.

Aos grandes amigos Professores, Sinval de Almeida Passos e Eduardo Galliza do Amaral Marinho, pelas grandes contribuições, amizade, confiança, entre várias outras conquistas que não caberiam nessa folha se fossem listadas, e que

chegaram a extrapolar as barreiras acadêmicas, não só agradeço, como irei manter durante toda a minha vida.

Ao Secretário da SEMAM, Antonio Augusto de Almeida, pelas condições necessárias e paciência para realização desse estudo.

Ao Diretor da DIEP, da Prefeitura Municipal de João Pessoa - PMJP, Prof. Tadeu, por ter me dado a oportunidade de desenvolver a minha pesquisa, pela confiança depositada e por toda atenção que foi dada durante todo esse tempo.

Aos funcionários da PMJP, pela confiança depositada na disponibilização dos dados da área de estudo.

Aos meus familiares, que compreenderam o meu interesse pelo curso, e que indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

À minha filha querida, Tainanda Ligia, a quem muitas vezes não pude dar a atenção merecida e mutuamente desejada, em função dos estudos e do trabalho.

E por fim, gostaria de agradecer de forma singular a uma pessoa muito especial que apareceu no término dessa caminhada, Diana Gonçalves Botelho, que foi mais do que uma companheira afetiva, foi uma verdadeira fonte de amizade, carinho, cumplicidade e compreensão, sempre me recebendo de braços abertos e com um lindo sorriso no rosto, conquistando e ocupando um espaço único no meu coração. Espero que o resultado desse trabalho, por um lado, te inspire para estudar sempre e alcançar os seus tão sonhados objetivos e, por outro, te ajude a me compreender e perdoar pelos maus momentos que te proporcionei. Você conseguiu realizar uma conquista em um pequeno espaço de tempo, que irá perdurar por um bom período na minha vida de forma inesquecível. Eu te amo muito e sei que você estava torcendo por mim.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	10
<b>LISTA DE QUADROS E TABELAS</b> .....	11
<b>RESUMO</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 - OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 GERAL .....	17
2.2 ESPECÍFICOS .....	17
<b>3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	18
3.1 TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL .....	18
3.1.1 <i>Ciências Geodésicas e Sistema Geodésico</i> .....	21
3.1.1.1 <i>Sistema Geodésico Brasileiro - SGB</i> .....	23
3.1.1.1.1 <i>SAD – 69 (South American Datum)</i> .....	24
3.1.1.1.2 <i>SIRGAS</i> .....	25
3.1.2 <i>Correção Geométrica e Transformação de Sistemas de Imagens Orbitais</i> .....	26
3.1.3 <i>Cartografia</i> .....	28
3.1.4 <i>Sensoriamento Remoto</i> .....	30
3.1.4.1 <i>Imagens de Sensoriamento Remoto</i> .....	32
3.1.4.2 <i>Sistemas Sensores</i> .....	32
3.1.4.3 <i>Níveis de Aquisição de Dados</i> .....	33
3.1.4.4 <i>Processamento Digital de Imagens</i> .....	33
3.1.4.5 <i>Comportamento Espectral dos Alvos</i> .....	35
3.1.5 <i>Sistema de Informação Geográfica – SIG</i> .....	36
3.1.5.1 <i>Componentes de um SIG</i> .....	40
3.1.5.2 <i>Sistemas de Baixo Custo</i> .....	41
3.1.6 <i>Modelagem Numérica do Terreno</i> .....	42

3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE .....	44
3.3 IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	53
3.4 O CONCEITO DE RISCO AMBIENTAL .....	55
<b>4 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>60</b>
4.1 LOCALIZAÇÃO .....	60
4.2 CARACTERIZAÇÃO .....	60
4.2.1 Aspectos Físicos .....	60
4.2.1.1 Clima .....	60
4.2.1.2 Geologia .....	62
4.2.1.3 Geomorfologia .....	63
4.2.1.4 Solos .....	65
4.2.1.5 Vegetação .....	67
4.2.1.6 Hidrografia .....	70
4.2.2 Aspectos Urbanos .....	70
<b>5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>72</b>
5.1 MATERIAIS .....	72
5.1.1 Dados .....	72
5.1.2 Equipamentos .....	74
5.1.3 Programas Computacionais .....	74
5.2 MÉTODOS .....	75
5.2.1 Aspectos do Meio Físico da Bacia .....	75
5.2.2 Uso e Ocupação do Solo da Bacia .....	76
5.2.3 Condições de Desenvolvimento Humano .....	77
5.2.4 Condições de Saneamento .....	78
<b>6 - ETAPAS DO TRABALHO</b> .....	<b>81</b>
6.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	81
6.2 LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO .....	81

6.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	83
6.3.1 <i>Processamento dos Dados Matriciais</i> .....	85
6.3.1.1 <i>Correção Geométrica e Registro da Imagem</i> .....	86
6.3.1.2 <i>Composições Coloridas em RGB</i> .....	86
6.3.1.3 <i>Segmentação e Classificação</i> .....	87
6.3.2 <i>Processamento dos Dados Vetoriais</i> .....	88
6.3.3 <i>Processamento dos Dados Tabulares – Tratamento dos Índices</i> .....	89
6.4 CRUZAMENTOS DOS DADOS .....	97
<b>7 - RESULTADOS</b> .....	99
7.1 IMAGEM CLASSIFICADA .....	99
7.2 MAPAS TEMÁTICOS.....	100
7.3 ANÁLISE DOS CRUZAMENTOS .....	110
7.3.1 <i>Conflito de Uso (APP x Área Urbanizada)</i> .....	110
7.3.2 <i>Áreas de Risco I (Declividade x Área Urbanizada)</i> .....	112
7.3.3 <i>Risco Sócio-Ambiental (ISA + IDH)</i> .....	114
7.3.4 <i>Riscos Geotécnicos</i> .....	116
7.3.5 <i>Áreas de Riscos II (Geotecnia x Área Urbanizada)</i> .....	118
7.3.6 <i>Risco Potencial</i> .....	120
<b>8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	122
<b>9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	125
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO A - <u>LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.</u></b> - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos	
<b>ANEXO B - CÓDIGO FLORESTAL</b> - LEI 4.771/65 DE 15 DE SETEMBRO 1965 - Institui o Novo Código Florestal	
<b>ANEXO C - ALGORITMOS DESENVOLVIDOS EM LEGAL PARA CRUZAMENTO DOS MAPAS TEMÁTICOS – ÁLGEBRA DE MAPAS</b>	

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 01</b> – Geoprocessamento – Conceito e Etapas.....	20
<b>FIGURA 02</b> – Elipsóide Geocêntrico.....	23
<b>FIGURA 03</b> – Elipsóides Convencional e Local .....	25
<b>FIGURA 04</b> - Padrão de Drenagem Anelar.....	48
<b>FIGURA 05</b> – Padrão de Drenagem Dendritico.....	48
<b>FIGURA 06</b> – Padrão de Drenagem em Treliça .....	49
<b>FIGURA 07</b> – Padrão de Drenagem Irregular.....	49
<b>FIGURA 08</b> – Padrão de Drenagem Paralela.....	50
<b>FIGURA 09</b> – Padrão de Drenagem Radial .....	51
<b>FIGURA 10</b> – Padrão de Drenagem Retangula .....	51
<b>FIGURA 11</b> – Mapa de Localização da Área de Estudo.....	61
<b>FIGURA 12</b> – Mapa da Divisão de Bairros da Bacia do Rio Jaguaribe .....	71
<b>FIGURA 13</b> – Mapa temático de uso e ocupação do solo .....	99
<b>FIGURA 14</b> – Mapa das Áreas de Proteção Permanente APP's.....	101
<b>FIGURA 15</b> – Mapa de Curvas de Nível .....	102
<b>FIGURA 16</b> – Mapa de Declividade .....	103
<b>FIGURA 17</b> – Mapa dos Setores Censitários.....	104
<b>FIGURA 18</b> – Mapa de Índice de Desenvolvimento Humano – IDH .....	105
<b>FIGURA 19</b> – Mapa de Índice de Salubridade - ISA.....	106
<b>FIGURA 20</b> – Mapa de Materiais Inconsolidados .....	107
<b>FIGURA 21</b> – Mapa de Movimentos de Massa .....	108
<b>FIGURA 22</b> – Mapa de Potencial á Erosão.....	109
<b>FIGURA 23</b> – Mapa de Conflito de Uso (APP x Áreas Urbanizadas) .....	111
<b>FIGURA 24</b> – Mapa de Áreas de Risco I (Declividade x Áreas Urbanizadas) ..	113
<b>FIGURA 25</b> – Mapa de Risco Sócio-Ambiental (ISA + IDH) .....	115
<b>FIGURA 26</b> – Mapa de Risco Geotécnico .....	117
<b>FIGURA 27</b> – Mapa de Áreas de Risco II (Risco Geotécnico x Área Urbanizada) .....	119
<b>FIGURA 28</b> – Mapa de Risco Potencial .....	121

## **LISTA DE QUADROS E TABELAS**

<b>QUADRO 01</b> – Áreas de Aplicação do Geoprocessamento .....	20
<b>TABELA 01</b> – Exemplos de questões tratadas por um SIG.....	38
<b>TABELA 02</b> – Características das primitivas gráficas.....	39
<b>TABELA 03</b> – Comparação entre os formatos vetorial e matricial .....	39
<b>TABELA 04</b> – Comparação entre as grades regulares e triangulares .....	44
<b>TABELA 05</b> – Relação entre a antiga e nova classificação de solos .....	65
<b>TABELA 06</b> – Relação dos CD's adquiridos junto ao IBGE para a pesquisa....	73
<b>TABELA 07</b> - Principais características do instrumento imageador CCD .....	83
<b>TABELA 08</b> – Categorias de modelos de dados do SPRING.....	84
<b>TABELA 09</b> – Categorias, Modelos e PIs (Plano de Informação) criados no Projeto Bacia do Jaguaribe .....	85
<b>TABELA 10</b> – Cruzamentos realizados com base na álgebra de mapas e seus respectivos resultados.....	98

## **RESUMO**

BORGES, Utaiguara da Nóbrega, **Análise de riscos potenciais de degradação ambiental em bacias hidrográficas urbanas com apoio de tecnologias da geoinformação de baixo custo**. Recife, 2008, Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Este trabalho propõe avaliar os riscos potenciais de degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, considerando os aspectos físicos, o uso do solo, o desenvolvimento humano e os problemas sanitários. A Bacia está localizada no litoral sul do Estado da Paraíba, no município de João Pessoa, entre as coordenadas (UTM) 9216000mN/299000E e 9206000mN/287000E. Limitando-se a leste com o Oceano Atlântico, a oeste com a Bacia do Rio Marés, ao norte com a Bacia do Rio Mandacaru e Bacia do Rio Sanhauá e ao sul com as Bacias dos Rios Cuiá, Gramame e Cabelo. Os materiais utilizados foram mapas na escala 1:25.000, uma imagem do satélite CBERS, sensor CCD, e dados do censo demográfico 2000 (IBGE). Os aspectos físicos e o uso do solo foram avaliados em toda a área da bacia tomando por base o cenário geotécnico, e a classificação da imagem. As condições de desenvolvimento humano e os problemas sanitários foram avaliados em todos os setores censitários da área, através dos índices IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) e ISA (Índice de Saneamento Ambiental), respectivamente. A aplicação do índice IDH apresentou resultados coerentes com o IDH-M para todos os setores. O índice ISA apresentou resultados relativamente homogêneos nas áreas centrais da bacia com valores mais elevados, enquanto tornou evidentes os problemas sanitários em áreas periféricas como na região marginal da bacia. Constatou-se também a predominância das áreas de ocupação irregular na região urbanizada da bacia e a influência dos fatores sócio-econômicos na ocupação destas áreas através dos índices IDH e ISA. Com relação às áreas de fragilidade geotécnica, a área de estudo apresenta uma instabilidade bastante acentuada no que diz respeito ao processo de uso e ocupação do solo. Esse método mostrou-se adequado para aplicação em bacias hidrográficas situadas em áreas urbanas, sem monitoramento contínuo e com carência de dados, demonstrando o potencial do uso integrado dos sistemas de informações geográficas e do sensoriamento remoto em avaliações de resposta rápida e de baixo custo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento Remoto, SIG, Bacias Hidrográficas.

## **ABSTRACT**

This work intends to evaluate the potential risks of environmental degradation of the Jaguaribe River's watershed, considering the physical aspects, the use of the soil, the human development and sanitary problems. This watershed is located in the south coast of the State of Paraíba, in the municipal district of João Pessoa, among the coordinates (UTM) 9216000mN/299000E and 9206000mN/287000E. Its limits are at east the Atlantic Ocean, at west the Maré River's watershed, at north the Mandacaru River's watershed and Sanhauá River's watershed and at the south the watersheds of the rivers Cuiá, Gramame e Cabedelo. The materials used in the research were maps in the scale 1:25.000, an image of the CBERS satellite, CCD sensor, and data of the demographic census 2000 (IBGE). The physical aspects and soil use were appraised in the whole watershed area taking for parameter the geotechnic scenery, and the image classification. The human development conditions and sanitary problems were appraised in all of the area's census sections, through the IDH (Index of Human Development) and ISA (Index of Environmental Sanitation) indexes, respectively. The application of IDH index presented coherent results with IDH-M for all the sections. The ISA index showed relatively homogeneous results in the watershed central areas with higher values, while sanitary problems in outlying areas and marginal areas of the watershed were shown. It was also verified the predominance of irregular occupation in the watershed urbanized area and the socioeconomic factors influence in these areas occupation through the observance of IDH and ISA indexes. About the areas that show geotechnic fragility, the study area presents quite accentuated instability on what concerns to the process of soil's use and occupation. This method has proved itself quite appropriate for application in watersheds located in urban areas, without continuous monitoring or data, elucidating the great potential of integrated use of geographic information systems and remote sensing to fast answers and low cost evaluations.

14

**KEY-WORDS:** Remote Sensing, GIS, Watershed

*“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”*

*Albert Einstein (1879-1955)*

## **1 - INTRODUÇÃO**

O homem mostra-se um agente capaz de provocar profundas transformações na superfície terrestre. A reestruturação do equilíbrio harmônico entre o ser humano e o meio ambiente configura-se no grande desafio do terceiro milênio.

O avanço da expansão cada vez mais acelerada e desordenada nas grandes cidades seja em decorrência do natural crescimento populacional, ou também, pelo fluxo migratório do homem do campo para as cidades em desenvolvimento, vem ocasionando uma série de transtornos urbanos que devem ser equacionados a partir da contribuição de especialistas comprometidos com esse assunto em conjunto com planejadores territoriais vinculados à administração pública.

Um diagnóstico detalhado do meio físico torna-se relevante antes de qualquer planejamento de uso e ocupação da superfície terrestre. O meio físico é considerado em alguns casos, inadequado para a população desfrutar das condições básicas de moradia.

Quando as limitações do meio físico não são devidamente consideradas, normalmente aparecem implicações significativas, como por exemplo, assentamentos em áreas de risco, contaminação dos recursos hídricos, colapso habitacional em áreas densamente urbanizadas, entre outros graves problemas característicos da maioria dos grandes centros urbanos do Brasil.

O uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento contribui para o entendimento dos comportamentos e transformações do meio físico provocadas pela ocupação humana desordenada e busca estabelecer o equacionamento e a resolução dos problemas sociais e ambientais decorrentes da inter-relação entre a urbanização e o meio físico.

No Brasil, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (ANEXO – A), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e organiza o setor de planejamento e gestão na área, adota a bacia hidrográfica como unidade básica de gerenciamento, por conseguinte, busca-se cada vez mais um maior conhecimento a cerca das bacias hidrográficas e dos processos dinâmicos que nelas ocorrem.

Dessa forma, o gerenciamento de bacias hidrográficas pode ser caracterizado como um instrumento orientador das ações do poder público e da sociedade no controle do uso dos recursos ambientais pelo homem, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, com vistas ao desenvolvimento sustentável. No entanto, é importante atentar para o fato de que o gerenciamento de bacias hidrográficas é apenas uma das esferas contempladas pelo gerenciamento de recursos hídricos.

Neste contexto este estudo teve o objetivo de contribuir com a pesquisa aplicada ao mapear e analisar as áreas de risco potenciais em uma bacia hidrográfica urbana, tomando como área geográfica, a Bacia do Rio Jaguaribe, utilizando-se das tecnologias proporcionadas pelo Sensoriamento Remoto e Sistemas de Geoinformação, identificando as possíveis interações entre os meios físico e sócio-econômico e espacializando as ocorrências deste fenômeno ambiental de causas antrópicas.

Objetivou-se, então, avaliar o potencial destes instrumentais tecnológicos para tais finalidades, através de dados multiespectrais, imagens de satélite, combinadas com mapas digitais e dados descritivos dos indicadores sócio-econômicos, onde, no transcorrer da pesquisa, pretendeu-se estabelecer um estudo para espacializar e, conseqüentemente, identificar as áreas de riscos para a população e áreas que oferecem danos para os recursos hídricos.

Além disso, uma proposta metodológica foi formulada no sentido de integrar diversas tecnologias de tratamento da informação espacial com o objetivo de contribuir para os estudos de bacias hidrográficas urbanas utilizando tecnologias de baixo custo. Trata-se de um tema atual e em constante evolução no meio

acadêmico que desperta um profundo interesse não apenas para os órgãos governamentais, como também para todas as áreas que lidam com o problema.

## **2- OBJETIVOS**

### 2.1 - OBJETIVO GERAL

Analisar os riscos potenciais de degradação ambiental da Bacia do Rio Jaguaribe – João Pessoa – PB – com apoio de tecnologias da geoinformação de baixo custo.

### 2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a – Processar e analisar imagens orbitais do satélite CBERS para extração de informações do uso e ocupação do solo;
- b – Gerar mapas temáticos do meio físico e de indicadores sócio-ambientais para a área de estudo;
- c – Integrar dados para geração de mapas derivados através da álgebra de mapas;
- d – Analisar os riscos à ocupação urbana e os conflitos existentes com a atual ocupação, utilizando como base a legislação ambiental existente;
- e – Propor uma metodologia para gestão de bacias.

### **3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### 3.1 - TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL

Com o advento da informática, várias foram as mudanças ocorridas no contexto das ciências. Automação dos dados, tratamento de grande volume de informação em um menor intervalo de tempo, e o surgimento de novas áreas de aplicações, são algumas das mutações que atingiram os diversos ramos do conhecimento, acarretando em grandes transformações na sociedade moderna.

As ciências exatas e da terra inseridas neste contexto não ficam de fora, apresentando várias mudanças no que diz respeito ao tratamento da informação espacial, surgindo como área de aplicação o Geoprocessamento, oferecendo grandes contribuições nos estudos da dinâmica terrestre.

Quando se fala em Geoprocessamento, diversas são as referências errôneas ao seu significado. Vários são os casos em que é atribuída a sua função à confecção de mapas. Etimologicamente pode-se analisar o termo geoprocessamento da seguinte forma: Geo = terra, processamento = relacionado ao tratamento da informação automatizada, utilizando ferramentas computacionais. Ou seja, o seu significado estaria atrelado ao processamento automatizado das informações geográficas utilizando elementos computacionais.

Segundo MOURA (2003, p. 08): O termo Geografia que, no latim é *geographia*, vem do grego *gewgrafia*, que é o somatório de *gh* – Terra e *grafia* – *grafia*, ou seja, a *grafia*, a representação da Terra. Vem também dos gregos o pensamento geográfico sistematizado, objetivando a localização dos lugares, ainda muito ligada à matemática e à geometria. Já o sufixo “processamento”, de Geoprocessamento, vem de processo, que é do latim *processus*, que significa “andar

avante”, “progresso”. Os vocábulos latinos *processus* e *progressus* têm o mesmo significado, que é “andar avante”, “avançar”.

Assim, pode se acreditar que o termo Geoprocessamento, surgindo do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um dandar avante, na grafia ou representação da Terra. Não é somente representar, mas é associar a esse ato um novo olhar sobre o espaço, um ganho de conhecimento, que ‘w a informação (MOURA, 2003 p. 08).

Não existindo na literatura atual uma definição exata deste termo, tendo cada autor, de acordo com os seus níveis de conhecimento e formação, criado uma definição, segue abaixo algumas tentativas de definir tal nomenclatura:

Para CÂMARA (1998), o termo geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas.

Segundo CARVALHO (2000), o geoprocessamento é um termo amplo, que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais.

Para ROCHA (2000), o geoprocessamento é definido como sendo uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações, associadas a mapas digitais georreferenciados.

Pode-se observar que, quando é levantada qualquer argumentação condizente ao geoprocessamento, em aplicações tanto na área social como na ambiental, a mesma está se referindo a um conjunto de etapas envolvendo a coleta, o armazenamento, o tratamento, e o uso integrado dos dados geográficos. Vale ressaltar que, esses dados, obrigatoriamente, precisam estar georreferenciados, ou seja, com as coordenadas espaciais que os localizem na superfície terrestre. A figura 01 mostra, de forma simplificada, o significado do geoprocessamento e suas etapas.

**FIGURA 01** – Geoprocessamento – Conceito e Etapas.



Adaptado de: FATORGIS - 2007

Compreendendo uma área de caráter multidisciplinar, as suas aplicações são bastante abrangentes, contribuindo para o mapeamento, planejamento, e monitoramento dos fenômenos terrestres. No quadro 01 segue um resumo das aplicações desta tecnologia.

**QUADRO 01** – Áreas de Aplicação do Geoprocessamento.

Monitoramento e controle de pragas e doenças;  
Gestão de redes de distribuição de energia elétrica;  
Administração municipal e planejamento urbano;  
Administração, caracterização e localização de recursos naturais;  
Monitoramento de bacias hidrográficas;  
Gestão das redes de distribuição de água e coleta de esgotos;  
Planejamento de rota de ônibus;  
Monitoramento ambiental;  
Mapeamento de solos;  
Controle de tráfego;  
Planejamento e estudos ambientais de gasodutos e oleodutos;  
Roteamentos turísticos;  
Mapeamento de epidemias;  
Mapeamento geotécnico;

Gerência de pavimentos;

**Adaptado de:** ROCHA - 2000

### *3.1.1 Ciências Geodésicas e Sistema Geodésico*

A Geodésia tem por objetivo determinar a forma e as dimensões da Terra, ou de porções de sua superfície (GEMAEL, 1994). Segundo a FIG, a Geodésia é “a ciência da medição e representação da superfície da Terra”, incluindo o estudo detalhado do campo de gravidade, cujos resultados propiciam a determinação rigorosa da forma da Terra (TORGE, 1991).

De fato, a forma e dimensão da Terra são temas que vem sendo pesquisados ao longo dos séculos em várias partes do mundo, gerando diversas interpretações e conceitos. Pitágoras, em 528 a.C., introduziu o conceito de forma esférica para o planeta, e a partir daí sucessivas teorias foram desenvolvidas até se alcançar o conceito que é hoje bem aceito no meio científico internacional.

A superfície terrestre sofre freqüentes alterações devido a natureza (movimentos tectônicos, condições climáticas, erosão, entre outros) e a ação do homem.

O matemático alemão Carl Friedrich Gauss (1777-1855) contribuiu com a ciência geodésica ao definir que a forma do planeta é o Geóide, que corresponde “a superfície do nível médio do mar homogêneo (ausência de correntezas, ventos, variação de densidade da água, entre outros), supostamente prolongado por sob continentes. Essa superfície se deve, principalmente, “às forças de atração (gravidade) e força centrífuga (rotação da Terra)”. Segundo GEMAEL (1994), o geóide é “a superfície livre das águas do mar (nível médio) em equilíbrio, prolongada através dos continentes, e normal em cada ponto á direção da gravidade”.

Os diferentes materiais que compõem a superfície terrestre possuem diferentes densidades, fazendo com que a força gravitacional atue com maior ou menor intensidade em locais diferentes.

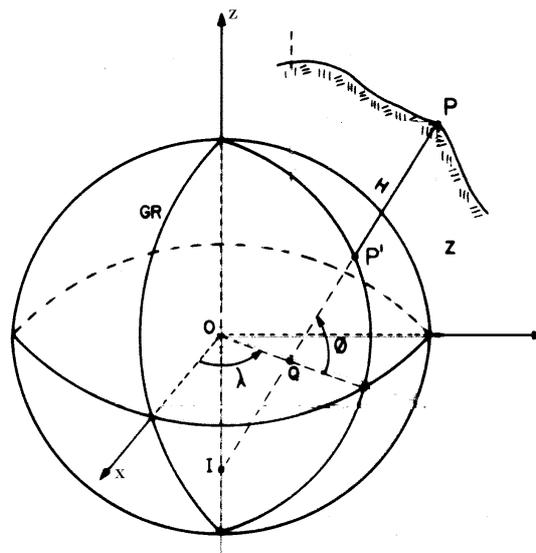
As águas do oceano procuram uma situação de equilíbrio, ajustando-se às forças que atuam sobre elas, inclusive no seu suposto prolongamento. A interação (compensação gravitacional) de forças buscando equilíbrio faz com que o geóide tenha o mesmo potencial gravimétrico em todos os pontos de sua superfície.

Mas é preciso buscar um modelo mais simples para representar o nosso planeta. Assim, adotou-se nos trabalhos geodésicos como forma matemática da Terra a figura geométrica do elipsóide de revolução, obtido pela rotação de uma elipse em torno do eixo menor. Portanto, o elipsóide é a superfície de referência, utilizada nos cálculos geodésicos que fornecem subsídios para uma posterior representação cartográfica.

Neste contexto, a superfície terrestre pode ser representada por um conjunto de pontos, cujas coordenadas geodésicas são latitude ( $\phi$ ), longitude ( $\lambda$ ) e altitude ortométrica ( $h$ ), onde estas coordenadas são definidas em um sistema tridimensional, o qual pode ser local ou global.

Um sistema é geocêntrico global quando a origem do sistema de coordenadas coincide com o centro de massa da Terra (Figura 02). No caso do sistema local, muitos foram os intentos realizados para calcular as dimensões do elipsóide de revolução que mais se aproxima da forma da Terra, e muitos foram os resultados obtidos. Em geral, cada país ou grupo de países adotou um elipsóide como referência para os trabalhos geodésicos desenvolvidos na superfície terrestre que é, então, deslocado para que se aproxime do geóide na região considerada, sendo, assim, definido como um sistema local, com sua origem no centro deste elipsóide.

A forma e o tamanho de um elipsóide, bem como sua posição relativa ao geóide, definem um sistema geodésico, ou datum geodésico.



**FIGURA 02** – Elipsóide Geocêntrico.

**FONTE:** ROMÃO, 2002.

Segundo ROMÃO (2002), “ao conjunto de pontos geodésicos estabelecidos no território delimitado pelas fronteiras do país, cujas coordenadas são obtidas por procedimentos operacionais e de cálculo de precisão de acordo com as normas e finalidades a que se destinam, denomina-se Sistema Geodésico Brasileiro, ou Datum Brasileiro”.

26

### 3.1.1.1 Sistema Geodésico Brasileiro – SGB

O SGB é composto por um conjunto de redes (altimétrica, gravimétrica e planimétrica). O **referencial de altimetria** é vinculado a figura geométrica do Geóide, descrito como uma superfície equipotencial do campo gravimétrico da Terra, coincidente com o marco zero do Marégrafo de Imbituba, localizado em Santa Catarina. Já a definição das superfícies, origem e orientação do sistema de coordenadas usado para o mapeamento e georreferenciamento no território brasileiro são dadas pelo **referencial de planimetria**, representado ainda hoje pelo SAD-69, mas em processo de substituição.

### 3.1.1.1.1 SAD – 69 (South American Datum)

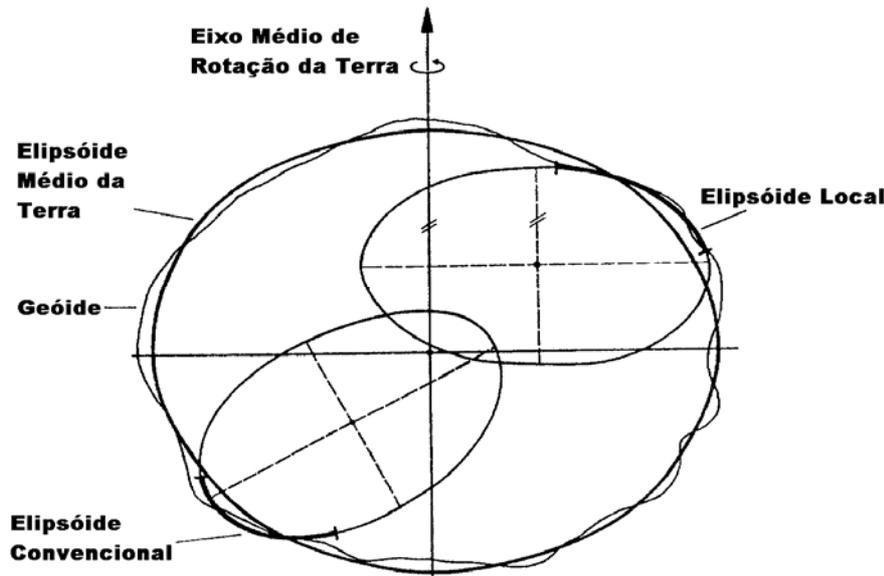
Para o SGB, o IBGE oficialmente adotou desde 1969 o Elipsóide de Referência Internacional 1967, que, embora sendo geocêntrico, é deslocado paralelamente ao eixo de rotação da Terra, de forma que a superfície do elipsóide coincida com a superfície do geóide no vértice CHUÁ da rede planimétrica de 1ª ordem, localizado em Minas Gerais (IBGE,1997).

Trata-se, então, de um sistema de referência local (Figura 03), conhecido pela sigla, em inglês, de SAD -69 (*South American Datum*), ao qual devem estar referenciadas todas as informações geoespaciais produzidas no Brasil, cujos parâmetros oficiais são:

- Semi-eixo maior  $a = 6.378.160,00$  m
- Achatamento  $f = 1/298, 25$ .
- Datum vertical: Imbituba (SC)
- Origem das coordenadas (ou Datum planimétrico):
  - Estação: Vértice Chuá (MG);
  - Altura geoidal : 0 m;
  - Coordenadas: Latitude:  $19^{\circ} 45' 41,6527''$  S; Longitude:  $48^{\circ} 06' 04,0639''$  W;
  - Azimute geodésico para o Vértice Uberaba:  $271^{\circ} 30' 04,05''$ .

Para a Cartografia oficial brasileira, adotou-se o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) para a elaboração de todas as cartas do mapeamento sistemático nacional (IBGE, 1997). Maiores detalhes sobre a representação UTM podem ser encontrados em GEMAEL (1994), SANTOS (2001) e LOCH (1995).

Desta forma, considerando os aspectos científicos e legais, adotou-se nesta pesquisa o SGB para todas as informações geoespaciais processadas, estando a cartografia representada no sistema UTM.



**FIGURA 03** – Elipsóides Convencional e Local.

**FONTE:** ROMÃO, 2002.

### 3.1.1.1.2 SIRGAS

O projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) tem por objetivo formar e manter uma rede de pontos, e estabelecer um novo sistema de referência, geocêntrico, para os países da América do Sul.

O SIRGAS foi concebido em função das necessidades de adoção de um sistema de referência compatível com as técnicas de posicionamento global, dadas por sistemas desta natureza como o GPS. Amplamente discutido no meio cartográfico latinoamericano, ele está programado para substituir do SAD-69 até 20015 (FITZ, 2005).

### Parâmetros do SIRGAS – Sistema de Referência:

- *International Terrestrial Reference System (ITRS)* – Sistema Internacional de Referência Terrestre;
- Elipsóide de Referência: *Geocentric Reference System 1980 (GRS80)* – Sistema Geodésico de Referência 1980 – Raio Equatorial da Terra:  $a = 6.378.137\text{m}$ ; semi-eixo menor (raio polar):  $b = 6.356.752,3141\text{m}$ ;  $\alpha$  (achatamento =  $1/298,257222101$ ).

### 3.1.2 Correção Geométrica e Transformação de Sistemas de Imagens Orbitais

Um tipo de distorção que as imagens de satélites apresentam são as chamadas distorções geométricas. Essas distorções são causadas pelos deslocamentos sofridos pelo sistema de eixos do sensor que provocam um não alinhamento das varreduras consecutivas, pela variação da altitude do satélite, com distorção na escala, e pela variação da velocidade da plataforma. Outro elemento que também contribui para essa distorção é o movimento de rotação da Terra. Ele provoca um deslocamento gradual das varreduras no sentido oeste, assim como as imperfeições do mecanismo eletro-ótico-mecânico do satélite fazem com que a velocidade de deslocamento do espelho não varie linearmente ao longo de sua trajetória, resultando numa aparente variação no comprimento da varredura.

As imagens têm, portanto, erros geométricos sistemáticos e não-sistemáticos. Dois tipos de correções são freqüentemente usadas, a retificação e o registro de imagens.

A **retificação de imagem** é o processo com que uma imagem é transformada planimetricamente. A geometria de uma imagem extraída de sua fonte tem um sistema de coordenadas  $x, y$  (linhas e colunas) que não é planimétrico. Para tornar a imagem planimétrica, converte-se o sistema de coordenadas  $x, y$  da imagem para um sistema de coordenadas padrão nos mapas, por exemplo, o sistema de coordenadas UTM. Isto pode ser feito associando-se pontos de um mapa padrão (folha topográfica) aos mesmos pontos

da imagem a ser retificada. No entanto, isto não remove distorções causadas pela topografia e deslocamentos do relevo nas imagens.

O *registro de imagens* é o processo que envolve a superposição de uma mesma cena que aparece em duas ou mais imagens distintas, de tal modo que os pontos correspondentes nestas imagens coincidam espacialmente. O objetivo do registro é basicamente manipular dados não diretamente correlacionados, como sobrepor imagens obtidas por diferentes sensores, sobrepor imagens de diferentes épocas, ou de diferentes tomadas de posição etc.. A finalidade é, por exemplo, construir mosaicos, detectar mudanças de alvos, obter composições coloridas ou cruzar diferentes informações. Os mesmos princípios de processamento de imagens são usados para a retificação e o registro de imagens. A diferença é que na imagem retificada a referência é um mapa, com uma projeção cartográfica específica, enquanto que no registro de imagem a referência é outra imagem.

Essas distorções geométricas podem ser corrigidas através do uso de determinados modelos matemáticos que descrevam as distorções existentes nos dados. Após a aquisição dos coeficientes deste modelo, uma função de mapeamento é criada para a construção da nova imagem corrigida. O principal instrumento utilizado para correção geométrica é o modelo polinomial, onde o ponto de controle é o elemento principal. O ponto de controle pode ser definido como sendo uma característica detectável na imagem, com localização geodésica precisamente conhecida e preferivelmente invariável com o tempo. Aeroporto, cruzamento de estradas, pontes, feições geológicas podem ser tomados como pontos de controle. Esses pontos são necessários para se estimar os coeficientes do modelo matemático. O desempenho desses pontos depende do seu número, distribuição e precisão de localização. O número é importante na determinação do grau do polinômio do modelo matemático. O número mínimo de pontos de controle é 3 para o polinômio de 1<sup>o</sup> grau, 6 para o polinômio de 2<sup>o</sup> grau e 10 para o polinômio de 3<sup>o</sup> grau. Quanto à distribuição, se os pontos de controle não estiverem bem distribuídos na imagem, podem ocorrer faixas sem informações das distorções, dificultando a correção. O ideal é que a imagem tenha um grande número de pontos de controle bem distribuídos e com coordenadas geodésicas e de imagem precisamente conhecidas.

Com relação ao método de transformação de Sistemas de Referência, existem vários para realizar a transformação entre os sistemas de referência. Há os que realizam apenas translações, os que realizam translações e escalonamento, e os que

realizam translações, escalonamento e rotações nos eixos cartesianos geocêntricos do sistema de referência original para aproximá-lo do sistema de destino. Outros métodos permitem uma transformação variável no espaço, levando em conta as distorções de um sistema e incorporando a modelagem dos resíduos da transformação conforme.

Para cada método de transformação há valores de parâmetros para cada par de sistemas de origem e destino. Assim, há valores para os parâmetros de transformação entre o WGS-84 e o SAD-69, por exemplo. Ainda podem haver valores de parâmetros específicos para uma região de aplicação, como a transformação entre o WGS-84 e a implementação do SAD-69 no Brasil ou regiões menores. Ainda para o mesmo par de sistemas de origem e destino e a mesma região podem haver valores diferentes para os parâmetros, dependendo da densidade e qualidade da amarração entre os dois sistemas (quantidade e precisão/acurácia dos pontos de controle com coordenadas conhecidas nos dois sistemas).

### 3.1.3 Cartografia

Segundo a ACI – Associação Cartográfica Internacional - a cartografia é definida como: *“O conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, visando à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão, bem como a sua utilização (OLIVEIRA, 1983).*

JOLY (1990) define a cartografia como: *“a arte de conceber, de levantar, de redigir e divulgar os mapas. Ela implica por parte do cartógrafo, um conhecimento aprofundado do assunto a ser cartografado e dos métodos de estudo que lhe concernem, uma prática comprovada da expressão gráfica com suas possibilidades e seus limites, enfim uma familiaridade com os modernos procedimentos de criação e de divulgação dos mapas, desde o sensoriamento remoto até a cartografia computadorizada, passando pelo desenho manual e pela impressão.”*

Várias são as definições na literatura sobre a cartografia. Algumas consideram como técnica, outras como ciência, algumas como arte, aparecem ainda aquelas que a definem como técnica, ciência e arte. Tratar o significado dessas definições não é o intuito deste tópico, e sim, entender no âmago do seu significado, que a cartografia é um elemento de grande importância para o registro e estudo das informações pertinentes à superfície da terra, e que os avanços tecnológicos mudaram as formas de fazer mapas, trazendo à tona a cartografia digital, que utiliza ferramentas computacionais para construção de mapas.

A cartografia digital compreende o uso de programas de computador para confecção de mapas. Com o aparecimento dos mapas digitais (digitais por terem sua estrutura binária, 0 e 1), o tratamento e análise das informações tornaram-se mais rápidas e de fácil acesso a todos, podendo cada indivíduo “construir” seus próprios mapas, que antes era limitado àqueles que possuíam o dom da arte de desenhar.

Na cartografia contemporânea dois elementos devem ser considerados de grande importância, a digitalização e a vetorização, que comumente são tidos como sinônimos e, no entanto, apresentam significados diferentes.

A digitalização compreende o processo de converter dados analógicos em digitais, ou seja, transferir as informações existentes em papel, ou analógicas, para o meio digital. Já a vetorização compreende na individualização das entidades que sofreram um processo de generalização (ROCHA, 2000). Tanto a digitalização como a vetorização podem ser executadas de forma manual ou automática.

No processo de digitalização manual o operador dispõe de restituidores digitais e as mesas digitalizadoras. As mesas digitalizadoras são periféricos eletrônicos compostos de uma malha metálica, tal como uma tela de arame, e um cursor dotado de um solenóide em seu centro geométrico. O seu funcionamento baseia-se no registro das posições ocupadas pelo cursor em relação a esta malha (BRANDALIZE *apud* YUAÇA, 1997). Estando ela conectada ao computador, o mapa em papel é fixado sobre o seu plano, onde o operador recobre o desenho com um mouse específico que nela está acoplado. Ao passar o mouse

sobre as entidades e clicando em um botão específico, as informações são enviadas em tempo real para o computador. Os reprodutores digitais são equipamentos utilizados para restituição de modelos aerofotogramétricos, através da utilização de pares de fotografias aéreas tiradas a bordo de aviões (CARVALHO, 2000). Na digitalização automática o desenho do mapa é inserido no computador através de um *scanner*, onde é armazenado em forma de imagem.

Na vetorização manual o processo é executado via tela do computador, onde uma imagem é colocada em segundo plano e o operador, com o mouse do computador, rastreia as feições de acordo com os seus interesses. A vetorização automática utiliza o processamento digital de imagem – PDI, para rastrear os *pixels* e convertê-los em dados vetoriais. Um outro método é a vetorização semi-automática, onde o operador identifica manualmente o ponto inicial de uma determinada linha e, em seguida, a linha é rastreada e vetorizada automaticamente pelo sistema, com o auxílio de técnicas de PDI (ROCHA, 2000).

### 3.1.4 Sensoriamento Remoto

Compreendendo uma das etapas do geoprocessamento, a coleta de dados, o Sensoriamento Remoto constitui um conjunto de técnicas de obtenção de informação de um determinado fenômeno ou objeto sem o contato físico com o mesmo, através de sensores a bordo de satélites ou de aviões. A grande finalidade do sensoriamento remoto é estudar os elementos da superfície terrestre, pelo registro e pela análise das interações entre a radiação eletromagnética e estes elementos.

O Sensoriamento Remoto constitui a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, para transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através 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).

A fonte de radiação utilizada em sensoriamento remoto tanto pode ser natural, emitida pelo sol; como artificial, emitida pelo próprio sensor, como é o caso dos radares, que emitem feixes de radiação na faixa das microondas sobre os objetos imageados. A faixa do espectro eletromagnético mais utilizada no Sensoriamento Remoto está compreendida entre 0,3 nm e 15 nm.

Quando se trabalha com sensoriamento remoto, um aspecto deve ser levado em consideração, a resolução. A resolução de um sensor pode ser espectral, espacial, temporal e radiométrica. A **resolução espectral** é inerente às imagens multiespectrais. Compreende o número de bandas (faixa do espectro) disponíveis em um determinado sensor e a amplitude de cada banda. Quanto mais bandas disponíveis e menor a largura dos comprimentos de onda, melhor será a resolução espectral do sensor. A **resolução espacial** está relacionada com a capacidade do sensor identificar os objetos imageados. Quanto menor o objeto factível de ser identificado, melhor a resolução espacial do sensor. Esta resolução está relacionada ao tamanho do pixel, ou seja, em um sensor com uma resolução espacial de 15 x 15 metros, cada lado do pixel terá 15 metros, e o sensor irá imagear os objetos inseridos em uma área de 225m<sup>2</sup>. A **resolução temporal** diz respeito à frequência com que o sensor observa uma determinada área. Por exemplo, o satélite Landsat imagea a cada 16 dias uma mesma área. Já o CBERS, a cada 3 dias. Com a melhor resolução temporal, será possível acompanhar o comportamento de um determinado fenômeno no tempo.

Por último, a **resolução radiométrica**, que está atrelada aos níveis digitais (níveis de cinza) representados nas imagens. Quanto maior o número de níveis de cinza, melhor a resolução radiométrica.

*“O número de níveis de cinza é comumente expresso em função do número de dígitos binários (bits) necessários para armazenar, em forma digital, o valor do nível máximo. O valor em bits é sempre uma potência de 2. Assim, 5 bits significam 2<sup>5</sup> = 32 níveis de cinza” (MOREIRA - 2007).*

#### 3.1.4.1 Imagens de Sensoriamento Remoto

De acordo com CROSTA (1992), as imagens de sensoriamento remoto são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou grid (matriz). Cada cela desse grid tem sua localização definida de acordo com um sistema de coordenadas do tipo “coluna e linha”, representados por “x” e “y”, respectivamente. O nome dado a essas celas é “*pixel*”, derivada do inglês “*picture element*”. Cada pixel possui também um atributo numérico “z”, que indica o nível de cinza representando a intensidade da energia eletromagnética medida pelo sensor, para a área da superfície terrestre correspondente.

Em síntese, uma imagem digital compreende uma matriz numérica onde cada célula apresenta dois atributos, localização: x e y; e reflectância: z, que corresponde ao nível de cinza do pixel.

35

#### 3.1.4.2 Sistemas Sensores

Os sistemas sensores são equipamentos acoplados em plataformas aéreas, ou orbitais, que tem como objetivo registrar e processar informações inerentes aos alvos imageados.

De acordo com o tipo de energia utilizada pelo sensor para obter tais registros, eles podem ser classificados em: Ativos e Passivos. Os **Sensores Ativos** emitem sua própria energia. Como foi dito anteriormente, os radares apresentam esta característica. A grande vantagem desse sensor é operar em condições atmosféricas adversas. Já os **Sensores Passivos** são dependentes da radiação solar, necessitando desta para obter informações dos alvos imageados. Os sensores passivos apresentam características opostas aos sensores ativos, não são propícios para operarem em condições atmosféricas ruins.

Os sensores podem ser classificados de acordo com os produtos que são gerados pelos registros, podendo ser imageadores e não-imageadores. Os **sensores imageadores** tem como produto uma imagem numérica. E de acordo com o processo de formação podem ser *sistemas fotográficos e sistemas de imageamento eletro-ópticos*. Os **Sensores não-imageadores** não fornecem imagem e sim dados numéricos ou gráficos.

#### 3.1.4.3 Níveis de aquisição de dados

Quando se fala em nível de aquisição de dados em sensoriamento remoto está se remetendo aos níveis de coleta de dados espectrais, podendo ser eles classificados em três nível: de campo, de aeronave.

A utilização de um sensor ou de outro, em determinado nível de coleta de informações espectrais, depende sobretudo de fatores relacionados com o objetivo da pesquisa; tamanho da área imageada; disponibilidade de equipamentos sensores; e custo e precisão desejados dos resultados obtidos (MOREIRA – 2007).

36

#### 3.1.4.4 Processamento Digital de Imagens

A coleta de dados em sensoriamento remoto consiste na primeira etapa do trabalho com imagens digitais. Os dados imageados pelos sensores estão providos de uma série de falhas oriundas das condições atmosféricas, da curvatura da terra, entre outras. Após a obtenção das imagens se faz necessário a aplicação de técnicas, para processar as imagens, buscando-se as devidas correções.

O processamento digital de imagens (PDI) ou tratamento digital de imagem (TDI), consiste na segunda etapa do trabalho, que tem como finalidade

corrigí-las geometricamente e melhorar a sua visualização para a interpretação por parte do usuário.

Para CROSTA (1992), o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto trata especificamente das técnicas utilizadas para identificar, extrair, condensar e realçar a informação de interesse para determinados fins, a partir de uma enorme quantidade de dados que usualmente compõem essas imagens.

A primeira etapa do tratamento consiste nas correções da imagem devido aos erros oriundos do processo de aquisição. Esta etapa compreende a correção geométrica e o registro da imagem. Corrigir uma imagem geometricamente tem como objetivo reparar as distorções da imagem, causadas pela curvatura da terra, velocidade e inclinação do sensor, inserindo-a em um sistema de coordenadas e projeção, herdando tais propriedades. Em outras palavras, a correção geométrica pode ser entendida como a transformação dos dados de sensoriamento remoto, de tal modo que eles adquiram as características de escala e projeção próprias de mapas (MATHER, 1987 *apud* MOREIRA, 2001). O registro da imagem envolve o relacionamento da imagem a um sistema de referência, que pode ser uma carta topográfica, uma outra imagem já corrigida, ou pontos de GPS. Vale salientar que, se a imagem for multiespectral a correção deverá ser executada em cada uma de suas bandas.

A segunda etapa diz respeito às técnicas de realce que tem como objetivo melhorar a visualização da imagem para facilitar a sua interpretação por parte do usuário. Dentre várias técnicas de realce existentes, pode-se citar: a composição colorida e a manipulação de contraste. Na composição colorida, o operador atribui para cada plano de cor do computador (**R**ed, **G**reen, **B**lue) uma banda espectral, melhorando de tal forma o aspecto visual da imagem que possibilita ao usuário fazer as primeiras análises interpretativas. Já a técnica de manipulação de contraste está atrelada a manipulação do histograma da imagem, que descreve estatisticamente a distribuição dos níveis de cinza de cada banda, para

melhorar a equalização da mesma. Dentre as funções de manipulação pode-se citar o aumento linear, bilinear, não linear e quase linear de contraste.

A terceira etapa é a de extração automática de informação da imagem, mais conhecida como classificação. Uma imagem classificada nada mais é do que uma outra imagem (resultante da original) em que cada *pixel* da imagem original é rotulado como pertencente a um determinado tema ou classe (CARVALHO, 2000). O processo de classificação pode ser realizado de duas formas: supervisionada e não-supervisionada. Na classificação supervisionada o usuário identifica alguns dos *pixels* pertencentes às classes desejadas e deixa ao computador a tarefa de localizar todos os demais *pixels* pertencentes àquelas classes, baseadas em algumas regras estatísticas pré-estabelecidas (CROSTA, 1992). No processo de classificação não-supervisionada o computador decide, também com base em regras estatísticas, quais as classes a serem separadas e quais os *pixels* pertencentes a cada uma (CROSTA, 1992).

As técnicas de sensoriamento remoto são bastante utilizadas por vários profissionais devido a popularização da informática, tornando fácil o acesso aos *softwares e hardwares*. Dentre as varias aplicações do sensoriamento remoto pode-se citar como exemplos a avaliação de recursos hídricos, mapeamento da drenagem, análise quantitativa e qualitativa da água; o mapeamento geológico e geomorfológico, no que diz respeito a pesquisa mineral e as ações antrópicas; mapeamento de solo e vegetação; e planejamento urbano, que é de grande valia para o estudo do uso e ocupação do solo urbano.

38

#### 3.1.4.5 Comportamento Espectral dos Alvos

A manipulação de imagens digitais com o intuito de extrair informações para atender uma determinada necessidade, constitui uma tarefa de grande responsabilidade para o individuo que irá tratar tais informações. O

conhecimento das propriedades físico-químicas dos objetos em apreço e o entendimento da interação dos mesmos com a radiação eletromagnética, faz-se necessário para uma melhor compreensão dos dados resultantes do processamento digital das imagens.

A radiação eletromagnética durante a sua trajetória em direção a superfície terrestre sofre várias atenuações e absorções devido os elementos que se encontram em suspensão na atmosfera. Interagindo com os objetos da superfície, a radiação poderá sofrer refração, reflexão, absorção, dispersão, entre outros, que afetará o registro da informação registrada captada pelos sensores a bordo dos satélites ou aeronaves.

Um dos elementos de grande importância para o estudo do comportamento espectral dos alvos é a sua curva de reflectância. De posse de um gráfico com a representação da reflectância do objeto e os respectivos comprimentos de onda, é possível analisar o comportamento da radiação eletromagnética com o objeto em análise.

Um outro elemento de grande relevância nos estudos de comportamento espectral dos alvos chama-se assinatura espectral.

A assinatura espectral de um objeto (comumente chamado alvo) é função da interação entre o mesmo e a radiação eletromagnética. É a assinatura espectral dos objetos que permite a sua identificação, sua localização, sua caracterização e diferenciação de outros objetos.

### *3.1.5 Sistemas de Informações Geográficas – SIG's*

Dentre as várias técnicas utilizadas no universo do geoprocessamento será tratada neste item a mais relevante de todas, os sistemas de informações geográficas – SIGs, também conhecidos como GIS - *Geographical Information Systems*. No contexto conceitual apresenta o mesmo comportamento das demais,

por ser “recente” a sua aparição no contexto tecnológico. Várias são as definições encontradas para tal termo, dentre elas estão:

Para YUAÇA (1997) o SIG *é um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuários), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados geo referenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação.*

BARROS (1998) define os SIGs como sendo *ferramentas de apoio ao geoprocessamento que consistem de dados integrados e controlados através de utilitários de software e hardware.*

GOODCHILD (1985) *apud* BARROS (1998) define SIG como sendo *um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, e analisar informações referentes às relações em uma natureza geográfica.*

OZEMOY (1981) *apud* PAREDES (1994) conceitua os sistemas de informações geográficas da seguinte maneira: *um conjunto automático de funções que provê aos profissionais especializados o armazenamento, a recuperação, manipulação e reprodução gráfica dos dados localizados geograficamente.*

ROCHA (2000) conceitua o SIG como *um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.*

De forma resumida, o SIG é um sistema de informação computacional que tem como especificidade a informação geográfica, georeferenciada. É um sistema que tem relação com as demais partes do geoprocessamento, o sensoriamento remoto, a cartografia digital, a modelagem digital do terreno entre outras.

É de grande importância ressaltar a diferença existente entre os sistemas CAD e SIG. O CAD – *Computer Aided Design* – é um sistema desenvolvido para elaboração de desenho auxiliado por computador, não possuindo

poder de análise espacial entre entidades gráficas. Os SIGs também servem para elaboração de desenhos mas, existe um elemento que o diferencia dos sistemas CADs, a topologia. As relações topológicas existentes entre os objetos dota os SIGs de grande poder para análise geográfica entre as entidades gráficas, tornando possível pesquisas sobre conectividade, adjacência, proximidade, pertinência, continência e intersecção. Na tabela 01 segue um exemplo de questões que podem ser tratadas em um ambiente com relações topológicas definidas.

**TABELA 01** – Exemplos de questões tratadas por um SIG.

<b>LOCALIZAÇÃO</b>	O que existe...?
<b>CONDIÇÃO</b>	Onde existe (m)...que...?
<b>TENDÊNCIA</b>	O que mudou no bairro X de 1970 até hoje ?
<b>PADRÕES</b>	Existe maior probabilidade da ocorrência de acidentes em que tipo de esquina ?
<b>MODELAGEM</b>	Quais as vantagens e desvantagens na mudança de local de um aterro sanitário ?

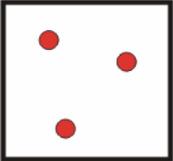
Adaptado de: YUAÇA - 1997

41

Quando trabalha-se em um ambiente de sistema de informação geográfica existem dois tipos de dados a serem armazenados: os dados gráficos – cartográficos; e os não gráficos - alfanuméricos.

Nos dados gráficos ou cartográficos existem duas formas a serem consideradas para a representação dos dados espaciais: o formato vetorial (vetor) e o matricial (raster). A estrutura do formato vetorial é composta por primitivas gráficas conhecidas como ponto, linha e polígono, que são representadas por coordenadas x e y em um sistema cartesiano (Tabela 02). No formato matricial os dados são representados em uma matriz de células composta por *n* linhas e *m* colunas. Cada célula da matriz é denominada de *pixel* (*picture element*). Cada *pixel* tem como peculiaridade um terceiro valor z que indica o valor do nível de cinza que pode variar de 0 – 255 tons (0 preto e 255 branco).

**TABELA 02** – Características das primitivas gráficas.

		
<b>PONTOS</b>	<b>LINHAS</b>	<b>POLÍGONOS</b>
<b>FORMATO</b>	<b>FORMATO</b>	<b>FORMATO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Única coordenada x, y;</li> <li>• Sem comprimento;                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem área.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadeia de coordenadas x, y com ponto inicial e final;</li> <li>• Tem comprimento mas não área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadeia de coordenadas com mesmo ponto inicial;</li> <li>• Tem comprimento e área.</li> </ul>
<b>EXEMPLOS</b>	<b>EXEMPLOS</b>	<b>EXEMPLOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acidente de trânsito;</li> <li>• Árvore de rua;                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altitude;</li> </ul> </li> <li>• Título de árvores;</li> <li>• Início e final de linhas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estradas;</li> <li>• Redes de drenagem;</li> <li>• Linhas de rotas;</li> <li>• Linhas de falhas;</li> <li>• Limites de áreas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parcelas;</li> <li>• Rodovias;</li> <li>• Construções;                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solos;</li> <li>• Distritos.</li> </ul> </li> </ul>

Adaptado de: Yuaça - 1997

A tabela 03 apresenta a comparação entre os dois formatos, apresentando suas vantagens e desvantagens.

**TABELA 03** – Comparação entre os formatos vetorial e matricial.

<b>MODELO</b>	<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
<b>VETORIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrutura compacta;</li> <li>• Eficiência da análise de relacionamentos espaciais;</li> <li>• Feições são representadas precisamente, por pontos, linhas e polígonos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrutura complexa exigindo programas sofisticados e caros;</li> <li>• Operações de superposição de níveis de informação, mais complexas.</li> </ul>
<b>MATRICIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplicidade de implementação das operações de superposição;</li> <li>• Programas mais baratos e simples de usar;</li> <li>• Representação mais adequada de fenômenos contínuos no espaço.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de representação de relacionamentos topológicos;</li> <li>• Dificuldades na associação de atributos a feições;</li> <li>• Arquivos muito grandes.</li> </ul>

FONTE: CARVALHO - 2000

No que diz respeito aos dados alfanuméricos ou não gráficos, constituem os atributos, em meio tabular, concernentes às primitivas gráficas. Segundo ROCHA (2000), esses atributos podem ser: **Atributos dos dados espaciais**, que fornecem informações descritivas através de identificadores comuns, normalmente chamados de geocódigos, que estão armazenados tanto nos registros alfanuméricos como nos espaciais. E os **Atributos Georreferenciados**, onde a preocupação é apenas georreferenciar alguma característica específica, sem descrever as suas feições espaciais.

### 3.1.5.1 Componentes de um SIG

Para que um sistema de informação geográfica venha a existir, alguns elementos serão necessários para sua funcionalidade, são eles: *hardware*, *softwares*, recursos humanos, banco de dados, metodologias, e a base de dados.

- **Hardware:** São os equipamentos, os periféricos. Computadores, impressoras, GPSs, plotadoras, *scanner* etc.;
- **Software:** São os programas computacionais. Constituem os específicos: ArcGIS, Mapinfo, IDRISI, SPRING; e os auxiliares ou complementares: CorewDraw, Photoshop, AutoCAD; Quando se fala em programas de auxílio ou complementares, é devido ao fato de não existir um *software* de SIG completo, precisando, sempre, o uso de outras ferramentas para auxiliar no trabalho em execução;
- **Dados:** são as informações referentes ao mundo real, informações geográficas;
- **Base de dados:** Diz respeito ao material cartográfico;
- **Recursos humanos:** São os profissionais qualificados para a execução do projeto;
- **Metodologias:** Compreende os métodos, ou roteiro, adotado pelo coordenador do projeto, para a elaboração e execução do SIG.

Para ROCHA (2000) *o elemento mais importante do SIG é o profissional, a pessoa responsável pelo seu projeto, implementação e uso. Sem pessoas adequadamente treinadas e com visão do contexto global, dificilmente um projeto de SIG terá sucesso.*

### *3.1.5.2 Sistemas de Baixo Custo SIG*

Quando falamos em sistemas de baixo custo estamos nos referindo a programas computacionais, para tratamento da informação geográfica, com baixo valor de aquisição. Hoje no mercado de softwares existem disponíveis os programas ditos proprietários, que são aqueles pagos para ter o direito de uso do mesmo; os chamados gratuitos que podem ser baixados usar sem nenhum custo de aquisição; uma outra vertente bastante difundida é a dos chamados software livre ou software de código aberto (open source), que são liberados para usar, modificar e distribuir com ou sem nenhum custo. Os termos Livre e Gratuitos são usados de forma equivocada, sendo confundidos como sinônimos. O que é gratuito o usuário pode baixar e usar livremente; enquanto que o Livre, além de usar, existe a liberdade de manipular seu código fonte. Segue alguns conceitos, disponíveis na internet, do termo software livre:

- “...se refere à liberdade dos usuários executares, copiarem, distribuírem, estudarem, modificarem e aperfeiçoarem o sistema.”
- “É o software disponível com a permissão de qualquer um usá-lo, copiá-lo, e distribuí-lo, seja na sua forma original ou com modificações, seja gratuitamente ou com custo. Em especial, a possibilidade de modificações implica em que o código fonte esteja disponível.”

Para ser livre, segundo a Free Software Foundation, o software terá que atender os seguintes critérios:

- A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito;
- A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade;
- A liberdade de redistribuir cópias, permitindo a ajuda ao próximo;
- A liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade.

Ou seja, para ser livre é preciso oferecer liberdade para os usuários possam modificar o seu código fonte e distribuir os seus resultados.

Existe no mercado uma lista considerável de sistemas para geoprocessamento com o código fonte liberado. No caso desse trabalho optamos em usar um programa gratuito e não livre. Como o objetivo é analisar os riscos de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica urbana, utilizando geotecnologias de baixo custo, chegamos a uma conclusão, no nosso caso específico, que o SPRING, desenvolvido pelo INPE, atenderia as necessidades desse estudo.

45

### *3.1.6 Modelagem Numérica do Terreno*

A modelagem tridimensional da superfície terrestre encontra-se na literatura rotulada de várias formas: MDT – Modelo Digital do Terreno; MNT – Modelo Numérico do Terreno; MTT – Modelo Tridimensional do Terreno; MMT – Modelo Matemático do Terreno; e no inglês DTM – *Digital Terrain Model*. Todas

essas siglas são tidas como sinônimos, apresentando na sua essência o mesmo significado.

Por definição pode-se dizer que a Modelagem Numérica do Terreno consiste na representação da superfície terrestre, ou parte dela, em três dimensões (x, y, z) modelada por funções matemáticas e métodos computacionais. Vale salientar que, a modelagem por funções matemáticas do terreno surgiu com a utilização de ferramentas computacionais nos estudos topográficos. Até então, a representação da superfície terrestre era dada pelo traçado manual das curvas de nível ou por meios fotogramétricos.

FELGUEIRAS (1998) define a modelagem numérica do terreno como sendo:

*...uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dados de relevo, informação geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informação meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MNT.*

46

O processo de geração de um modelo numérico de terreno pode ser dividido em 03 etapas: aquisição das amostras ou *amostragem*, geração do modelo propriamente dito ou *modelagem* e, finalmente, utilização do modelo ou *aplicações* (FELGUEIRAS, 1998).

Para representação de uma região do mundo real para o virtual (no computador) em forma tridimensional, é necessário a adoção de um modelo matemático para tal representação.

Os modelos podem ser globais ou locais. Os modelos globais são representados por uma função definida utilizando-se todos os elementos do conjunto de amostras. Os modelos locais utilizam funções cujos coeficientes são definidos por elementos amostrais escolhidos dentro de uma região local de interesse. Essas regiões locais podem ser definidas por raios de influência ou por quantidade de amostras vizinhas (FELGUEIRAS, 1998).

Os modelos mais usuais são os de grades regulares e grades triangulares. As **grades regulares** são representações matriciais onde cada elemento da matriz se encontra associado a um valor numérico. As **grades triangulares** unem os pontos de maneira a formar uma triangulação aceitável, realiza-se a interpolação nessa malha e obtêm-se as curvas de nível (ROCHA, 2000).

Na tabela 04 segue uma comparação entre os dois métodos de modelagem, apresentando suas vantagens e desvantagens.

**TABELA 04** – Comparação entre as grades regulares e triangulares.

	<b>GRADE TRIANGULAR</b>	<b>GRADE REGULAR</b>
<b>VANTAGENS</b>	1. Melhor representação do relevo complexo; 2. Incorporação de restrições como linhas de crista, talvegue, platôs.	1. Facilita manuseio e conversão; 2. Adequada parageofísica e visualização 3D.
<b>DEDSVANTAGENS</b>	1. Complexidade de manuseio; 2. Inadequada para visualização 3D.	1. Representação do relevo complexa; Cálculo de declividade.

**FONTE:** CÂMARA - 1999

Como se pode ver, o modelo tridimensional do terreno é de grande importância no geoprocessamento, tendo suas aplicações direcionadas para: gerar mapas de contorno, gerar mapas de declividade, cálculo de área, cálculo de volumes, geração de perfis topográficos, entre várias outras. Desta forma, veio a corroborar nos estudos de planejamento urbano e ambiental trazendo grandes contribuições para a obtenção e análise de dados.

### 3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS – CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE

No Brasil, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (ANEXO - A), que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e organiza o setor de planejamento e gestão na área, adota a bacia hidrográfica como unidade básica de gerenciamento,

por conseguinte, busca-se cada vez mais um maior conhecimento a cerca das bacias hidrográficas e dos processos dinâmicos que nelas ocorrem. Torna-se então essencial conceituar e interpretar os mecanismos de funcionamento desses sistemas naturais constituídos pelas bacias de drenagem. Segundo NETO (2001), a Bacia Hidrográfica ou Bacia de Drenagem pode ser caracterizada como sendo:

*“...uma área da superfície terrestre definida topograficamente que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. Tal conceito abrange todos os espaços de armazenamento, de circulação e saídas de água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais.”*

O conceito de bacia hidrográfica pode ser aplicado a cada rio do sistema hídrico, e sua abrangência é determinada em função da extensão do leito principal, de seus efluentes, e do comportamento do relevo do terreno. Define-se como sendo uma área topográfica, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água de forma que toda a vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída. Para a ciência ambiental, a bacia hidrográfica contém o conceito de integração. Seu uso e aplicação para estudos de problemas ambientais são fundamentais, pois também contém informações físicas, biológicas e sócio-econômicas (VILLELA & MATTOS, 1975 apud MUÑOZ, 2000).

O estudo em bacias hidrográficas possibilita a integração dos fatores que condicionam a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, com os seus reais condicionantes físicos e antrópicos. Essa escala também se mostra compatível para as ações políticas relacionadas à conservação do solo e à gestão dos recursos hídricos. A determinação das disponibilidades dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica apresenta uma grande complexidade, em função das interações existentes entre os diferentes fatores condicionantes do ciclo hidrológico, notadamente, os fatores físicos. A compreensão dos mecanismos hidrológicos envolvidos entre os diferentes fatores pode possibilitar condições suficientes para a avaliação da dinâmica desses recursos. Infelizmente, de forma geral a ocupação das

terras no país se faz de maneira inadequada que conduz invariavelmente a condições de instabilidade ambiental, como a erosão acelerada do solo.

De acordo com SETTI *et al.* (2000), a unidade básica de gestão dos recursos hídricos deve ser a bacia hidrográfica, pois através da rede de drenagem fluvial, integra-se grande parte das relações causa-efeito que devem ser tratadas na gestão. Embora existam outras unidades político-administrativas a serem consideradas, como os municípios, Estados, regiões e países, essas unidades não apresentam necessariamente o caráter integrador da bacia hidrográfica, o que poderia tornar a gestão parcial e ineficiente caso fossem adotadas.

Portanto, o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas devem seguir os seguintes princípios:

- A – Incorporar todos os recursos ambientais da área da drenagem e não apenas o hídrico;
- B – Adotar uma abordagem de integração dos aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, com ênfase nos primeiros e;
- C – Incluir os objetivos de qualidade ambiental para a utilização dos recursos, procurando aumentar a produtividade dos mesmos e, ao mesmo tempo, diminuir os impactos e riscos ambientais da bacia de drenagem.

A fim de caracterizar e sistematizar corretamente os estudos em bacias hidrográficas, é necessário que se conheça a classificação das bacias de drenagem e dos rios, analisados separadamente, com relação ao tipo de escoamento. As bacias de drenagem dividem-se em: **Exorreicas** – ocorre quando os cursos d'água de uma bacia organizam-se em forma de rede e dirigem-se, de modo contínuo, até o mar; **Endorreicas** – configura a drenagem formada por rios periódicos que se dirigem para o interior do continente desaguando em uma depressão fechada, como os lagos ou dissipando-se nas áreas arenosas ou castiças; **Arreicas** – expressa um a drenagem sem estruturação em bacias hidrográficas, como nas áreas desérticas. Os escassos cursos d'água não têm competência para organizar-se na forma de redes,

infiltrando-se rapidamente nos solos arenosos; e **Criptorreicas** – constitui a drenagem que percorre bacias subterrâneas, como as áreas cárstica.

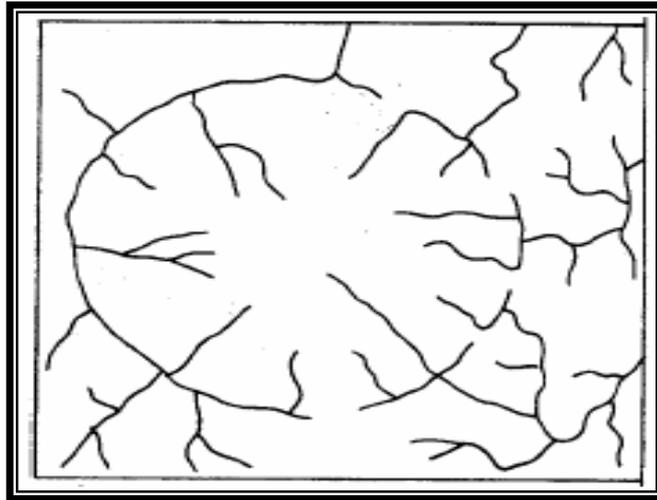
A classificação dos rios de forma individual considerando a linha do escoamento em relação à inclinação das camadas geológicas proposta por William Morris Davis (1954) apresenta os seguintes tipos, segundo CHRISTOFOLETTI (2005): **Conseqüentes** – são rios cujo curso foi determinado pela declividade da superfície terrestre, coincidido com a direção de inclinação (ou mergulho) das camadas, ou seja, o rio corre segundo o declive do terreno; **Subseqüentes** – são rios cuja direção de fluxo é controlada pela estrutura rochosa, acompanhando sempre uma zona de fraqueza, como uma falha, junta, camada rochosa delgada ou facilmente erodível. Não se deve confundir o rio conseqüente com o subseqüente, porque enquanto o primeiro ocorre na direção do mergulho, isto é, conseqüente à inclinação das camadas, o segundo ocorre na direção das camadas; **Obseqüentes** – esses caracterizam-se por serem formadas no sentido inverso à inclinação das camadas ou à inclinação original dos rios conseqüentes; **Resseqüentes** – esses fluem na mesma direção dos rios conseqüentes, mas nascem em nível mais baixo; e os **Inseqüentes** – ocorrem de acordo com as características da morfologia em direção variada. Esse tipo de rio se estabelece quando não há uma razão, pelo menos aparente, para seguir numa orientação geral preestabelecida, ou seja, nenhum controle da estrutura geológica torna-se aparente no padrão espacial da drenagem.

A disposição espacial dos rios é definida como padrão de drenagem, ou seja, a maneira pela qual os rios estão dispostos em uma sistema de bacia hidrográfica. Esses padrões são influenciados pela geologia, Litologia, Clima e Relevo. Segundo GUERRA, 1997:

*É o arranjo espacial dos canais fluviais que podem se influenciar em seus trabalhos morfogenéticos pela geologia, litologia e pela evolução geomorfológica da região em que se instalam.*

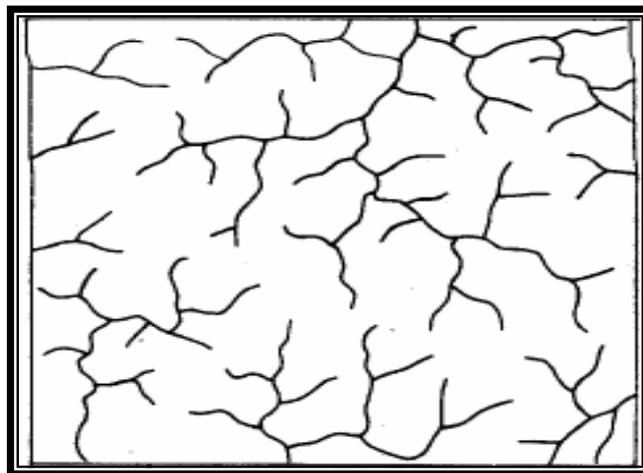
De acordo com o arranjo geométrico definido os padrões podem ser classificados como sendo: Anelar, Dendrítica, Treliça, Irregular, Paralela, Radial e Retangular.

O padrão de drenagem Anelar constitui, geralmente, uma drenagem radial evoluída em relevo concêntricos ou em uma abóbada (Figura 04).



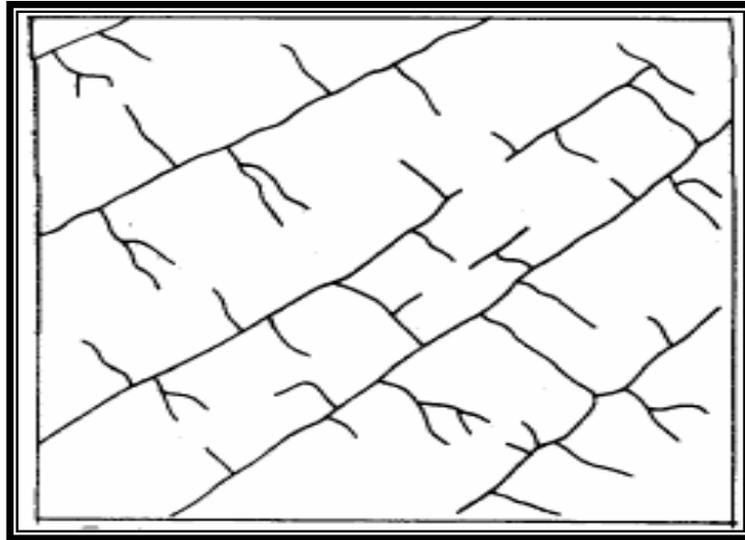
**FIGURA 04** - Padrão de Drenagem Anelar

A drenagem dendrítica, ou padrão dendrítico, é o tipo de drenagem com desenvolvimento na forma de galhos de uma árvore, onde os rios confluem em ângulos agudos, constituindo várias ramificações. Esse tipo de drenagem é o mais comum na superfície terrestre e ocorre em vários tipos de rocha, mas é marcante em áreas com estruturas sedimentares horizontais e regiões de rochas cristalinas (Figura 05).



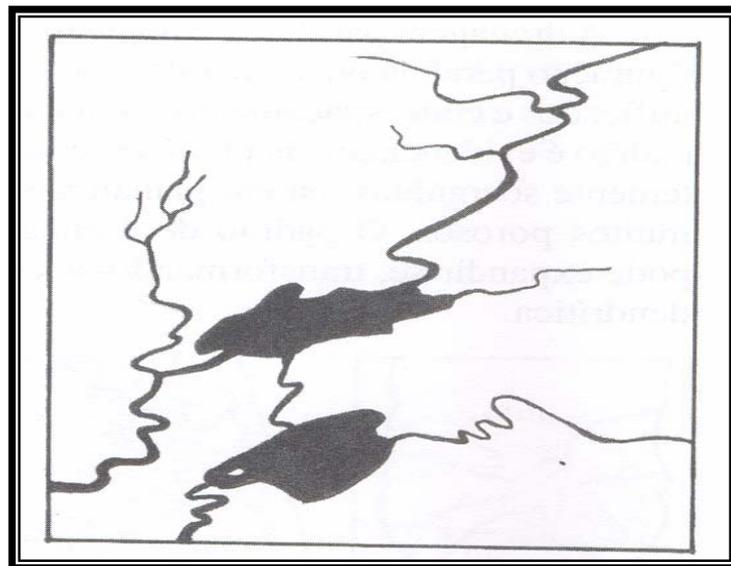
**FIGURA 05** – Padrão de Drenagem Dendrítico

No padrão de drenagem em Treliça, que é um tipo de escoamento retangular, ocorre quando os rios encaixam-se nas feições estruturais em áreas de relevos apalacheanos e de cuestras (Figura 06).



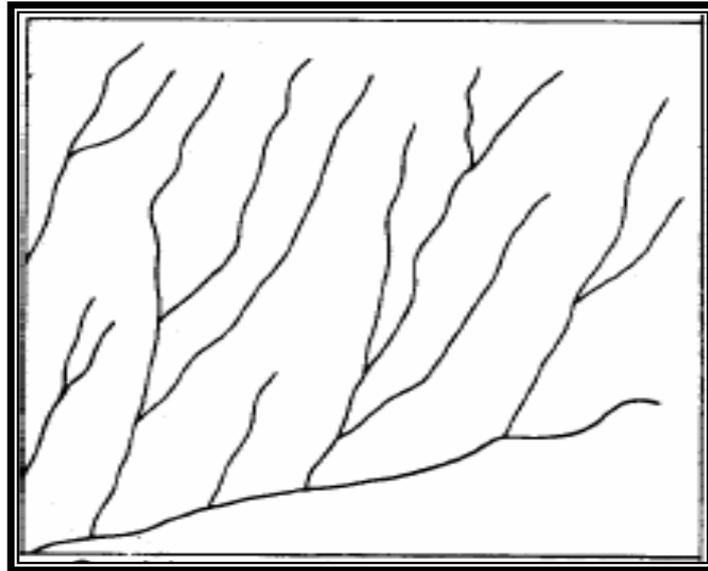
**FIGURA 06** – Padrão de Drenagem em Treliça

No escoamento que forma o padrão de drenagem do tipo irregular será caracterizado por uma configuração bastante complexa, sem a definição de um padrão específico (Figura 07).



**FIGURA 07** – Padrão de Drenagem Irregular.

A drenagem paralela é caracterizada pela configuração, como o próprio nome se refere paralela ou subparalela de rios poucos ramificados e com espaçamento regular entre si. Esse padrão é evidenciado em planícies costeiras, recentemente soerguidas, ou em planalto sedimentares muito porosos. O padrão de drenagem paralela pode expandir-se, transformando-se e, drenagem dendrítica (Figura 08).

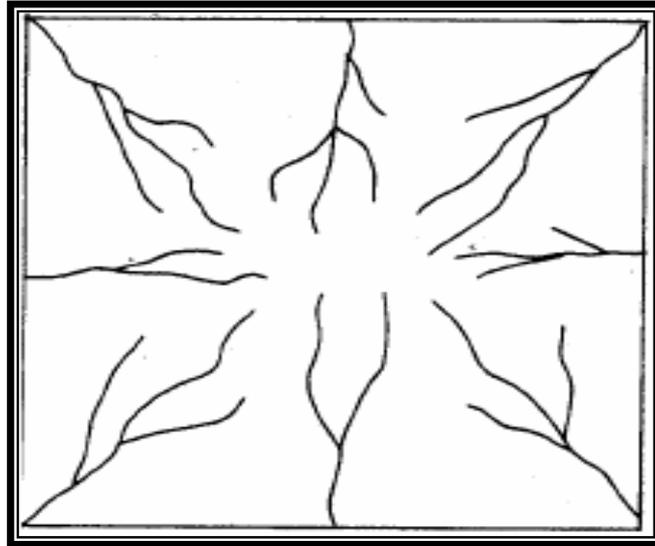


**FIGURA 08** – Padrão de Drenagem Paralela

O padrão de drenagem radial tem a sua configuração caracterizada pela confluência ou divergência de cursos d'água em/de uma área central (Figura 09). Divide-se em:

**Radial Centrifuga:** ocorre quando todos os rios que a compõem nascem próximos a um ponto comum mais elevado, irradiando-se para várias direções e tomando uma distância cada vez maior.

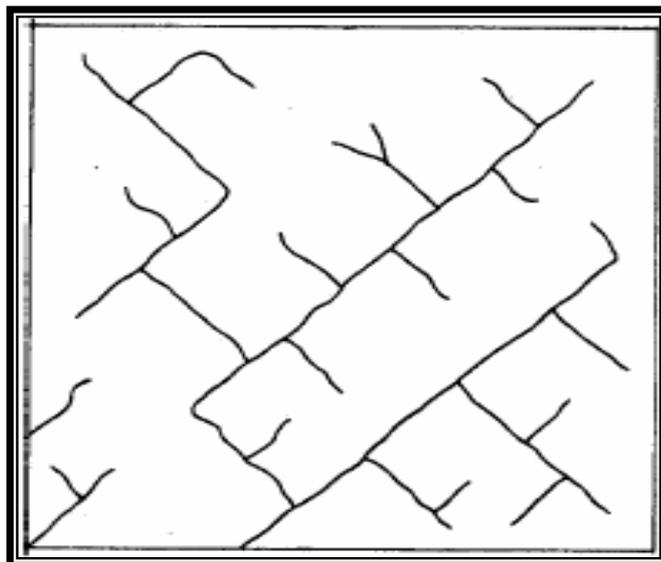
**Radial Centrípeta:** ocorre quando os cursos fluviais confluem para um único rio, em uma área mais baixa ou deprimida, tendo suas nascentes em diversas direções.



**FIGURA 09** – Padrão de Drenagem Radial

O padrão de drenagem retangular é distinguido por manter uma drenagem que se adapta a condições estruturais e tectônicas, encaixando-se em falhas e fraturas da superfície. Essas características estruturais propiciam um rede de cursos em moldes geométricos que convergem em ângulos quase retos (Figura 10).

54



**FIGURA 10** – Padrão de Drenagem Retangula

No que diz respeito a análise de bacias, os estudos começaram a apresentar um caráter mais objetivo a partir de 1945, com as publicações dos trabalhos de Robert E. Horton e Arthur N. Strahler (1952). Horton iniciou a abordagem quantitativas das bacias de drenagem onde seus estudos serviram de base para uma nova concepção metodológica de estudos e análises em bacias hidrográficas.

Segundo CHRISTOFOLETTI (2005), os parâmetros sugeridos para o estudo analítico consistem em quatro itens: **Hierarquia Fluvia** - é um processo que visa estabelecer a classificação de determinado curso d'água no conjunto da bacia hidrográfica a qual pertence. Este é um procedimento que visa a tornar mais objetivos os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias de drenagem; **Análise Linear** – compreende a obtenção de alguns índices originados da rede hidrográfica e cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Estes índices consideram medidas de comprimento dos canais com suas médias e relações. Dentre eles temos a relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, relação do equivalente vetorial, e o gradiente dos canais; **Análise Areal** - A análise areal compreende alguns índices definidos a partir de medições planimétricas e lineares, são eles: área da bacia (definida como a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial projetada horizontalmente), comprimento da bacia, relação entre o comprimento do rio principal e da área da bacia, forma da bacia, densidade de rios, densidade de drenagem, densidade de segmentos, relação entre as áreas das bacias e o coeficiente de manutenção. **Análise Hipsométrica** - estuda as inter-relações existentes entre uma unidade horizontal de espaço e sua distribuição em faixas de altitude, indicando a proporção ocupada por determinada área em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoipsa base. Na análise hipsométrica os elementos de estudo são: A curva hipsométrica, o coeficiente de massividade e o coeficiente orográfico, a amplitude altimétrica máxima da bacia, relação de relevo,

e o mais importante, o índice de rugosidade. **Análise Topológica** – está relacionada com a maneira pela qual os vários canais se encontram conectados, sem levar em conta qualquer medida de comprimento, área ou orientação.

### 3.3 IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A adoção do conceito de bacias hidrográficas para monitoramentos de riscos ambientais está relacionada à possibilidade de avaliar, em uma determinada área geográfica, os aspectos físicos e sociais, determinando a melhor forma de ocupação do espaço, com o mínimo de impacto ambiental. Na prática, a utilização do conceito de bacia hidrográfica consiste na determinação de um espaço físico e funcional, sobre o qual devem ser desenvolvidos mecanismos de gerenciamento ambiental na perspectiva de desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Neste contexto, o geoprocessamento como ferramenta de análise espacial permite que sejam elaborados modelos simplificados do ambiente da bacia hidrográfica onde podem ser analisados os diferentes fatores que repercutem nos riscos ambientais ali existentes. Outra característica importante desta tecnologia é a capacidade de processamento de um grande volume de dados, o que é particularmente útil quando os estudos envolvem dados ambientais.

Entre as metodologias de geoprocessamento voltadas à gestão de bacias hidrográficas estão aquelas que empregam o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e a análise de imagens orbitais para auxiliar na determinação de medidas de manejo ambiental. Os SIGs têm sido muito utilizados devido à sua flexibilidade e disponibilidade, consistindo de sistemas computadorizados que permitem sobrepor diversas informações espaciais da bacia hidrográfica. A informação é armazenada digitalmente e apresentada visual ou graficamente, permitindo a comparação e a correlação entre informações. A utilização dos SIGs

para o monitoramento ambiental de bacias envolve muitas outras atividades, além da elaboração e manutenção de um banco de dados (alfanumérico e cartográfico), de onde são retiradas as diversas informações estatísticas sobre as características da área de estudo (tipos de solo, vegetação, geologia, geomorfologia, hidrografia, etc). Este banco de dados georeferenciados auxilia a elaboração de modelos para entendimento da dinâmica ambiental da bacia; na previsão de riscos associados à qualidade dos componentes ambientais (água, solo, ar, etc); de riscos inerentes aos processos de uso e ocupação do solo.

O uso de metodologias associadas ao geoprocessamento oferece a possibilidade de executar modelos para prever acidentes com relação aos possíveis cenários decorrentes do tipo de ocupação/uso dos recursos naturais; possibilita também auxiliar os tomadores de decisão na definição de diretrizes a respeito de uso e ocupação do solo.

Segundo MENDES (2001, p. 104):

*“Para a gestão de bacias hidrográficas, a interação dos processos ambientais com os SIGs, apresenta um avanço inequívoco, na geração de informações mais precisas e com um enorme redução de trabalho de aquisição, organização e processamento de dados.*

O estudo de bacias hidrográficas utilizando geoprocessamento pode fornecer importantes subsídios nas atividades de monitoramento de riscos ambientais, possibilitando a implementação de medidas mitigadoras no processo de planejamento integrado de bacias hidrográficas, disponibilizando resultados com um bom nível de confiabilidade, economicamente viáveis em um espaço de tempo adequado às demandas ambientais.

Além disto, é importante considerar a evolução constante dessas tecnologias, através do desenvolvimento dos instrumentos de extração da informação, avanços na área de hardware e software e novas metodologias de tratamento e conversão de dados, facilitando seu emprego e permitindo que os benefícios dessas tecnologias possam atingir um número muito maior de pessoas.

### 3.4 O CONCEITO DE RISCO AMBIENTAL

Atualmente os estudos acerca dos riscos ambientais vêm sendo desenvolvidos em vários setores, estando a noção de risco consideravelmente difundida na sociedade, figurando em debates, avaliações e estudos no meio acadêmico e empresarial. Este risco acompanha, via de regra, um adjetivo que o qualifica: risco ambiental, risco social, risco tecnológico, risco natural, biológico, e tantos outros, associados à segurança pessoal, saúde, condições de habitação, trabalho, transporte, ou seja, ao cotidiano da sociedade moderna.

O risco pode ser tomado como uma categoria de análise associada a priori às noções de **incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos** materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem "natural" (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas. O risco (*lato sensu*) refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, nãoconstantes e não-determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana.

KIRCHHOFF (2004) esclarece a relação existente entre risco e perigo, conceituando perigo como algo que pode causar dano ou ferimento, algo que levaria ao risco e chamando de evento a conexão entre risco e perigo que seria uma situação em que alguém ou algo fica exposto ao perigo.

Procurando sistematizar as relações conceituais, existe na literatura uma homogeneização nacional da terminologia e dos conceitos, sobre riscos. Segundo AUGUSTO FILHO *et al* (1990), esses termos podem ser assim definidos:

**Evento:** trata de um fato já ocorrido, no qual não foram registradas conseqüências danosas sociais e/ou econômicas diretamente a ele.

**Acidente:** faz referência a um fato já ocorrido, onde foram registradas conseqüências danosas sociais e/ou econômicas (perdas e danos).

**Risco:** representa a possibilidade ou a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população (pessoas, estruturas físicas, sistemas produtivos). É uma condição potencial de ocorrência de um acidente.

Ainda segundo (AUGUSTO FILHO *op. cit.*) estes conceitos podem ser expressos matematicamente em:

$$\mathbf{R} = \mathbf{P} \times \mathbf{C}$$

Onde:

**R** = risco.

**P** = probabilidade (se quantificada) ou frequência (**F**) ou possibilidade da ocorrência de um evento.

**P = S** = suscetibilidade de uma área à ocorrência de um determinado evento.

**C** = conseqüências sociais ou econômicos potenciais.

59

As tentativas de definições quanto às questões relacionadas aos riscos ambientais despertam o interesse de diversos pesquisadores a nível mundial:

CARDONA (1993 e 1996) apresenta as seguintes definições:

**Ameaça** (amenaza ou Hazard): seria o fator de risco externo de um indivíduo ou sistema, em virtude do perigo latente que um fenômeno físico de origem natural ou antrópica se manifeste em um lugar específico e durante um tempo de exposição determinado, produzindo efeitos adversos às pessoas, bens e/ou ao meio ambiente, matematicamente expresso como a probabilidade de exceder um nível de ocorrência de um evento com uma certa intensidade em um determinado local e em certo período.

**Vulnerabilidade:** fator de risco interno de um indivíduo ou sistema exposto a uma ameaça, correspondente a uma predisposição intrínseca a ser afetado ou de ser suscetível a sofrer danos.

**Risco:** (ou dano, destruição ou perda esperada): é obtida com base na possibilidade de ocorrência de eventos perigosos e da vulnerabilidade dos elementos expostos a tais ameaças.

RAGOZIN (1998) citado por AUGUSTO FILHO (*op. cit.*) também faz uma conceituação dos referidos termos, bem como acrescentam outros:

**Ameaça:** (hazard) é um processo, propriedade da condição natural, da sociedade ou da tecnologia, que representa um perigo à vida e bem estar das pessoas, indústrias e ambiente.

**Vulnerabilidade:** é uma característica do objeto expressa pela sua habilidade de perder suas funções naturais ou determinadas funções como resultado de um impacto negativo.

**Perigo geológico:** é um processo, característica ou condição de certos volumes da litosfera representarem uma ameaça à sociedade.

**Risco:** é uma medida probabilística da ameaça, estabelecida para um certo objeto na forma de perdas prováveis em certos períodos de tempo.

**Risco Geológico:** é a medida probabilística do perigo geológico estabelecido por um certo objeto na forma de prováveis perdas em certo período de tempo.

Apesar de existirem diversas perspectivas de trabalho sobre riscos, observa-se atualmente poucas definições de risco ambiental. Na literatura estrangeira, por exemplo, encontram-se mais referências aos perigos (*hazards*) e suas categorias (perigos naturais, tecnológicos e sociais) como elementos para a

definição de risco. Alguns autores priorizam o estudo de uma das categorias de perigo supracitadas, ou ainda outras categorias, tal qual o perigo biológico ou o complexo, sem fazer menção a outras categorias de perigos. Alguns trabalhos, por sua vez, abordam os perigos naturais considerando-os como sinônimos de perigos ambientais, onde o conceito de ambiente encontra-se muito próximo à idéia de natureza.

A noção de risco ambiental, segundo EGLER (1996) foi sistematizada originalmente por Talbot Page em 1978, quando este distinguiu a visão tradicional da noção de poluição da noção de risco, tendo origem no setor de energia nuclear. Para compor o quadro de risco ambiental, EGLER (1996), abrange, em sua proposta, desde a ocorrência de perigos naturais (catástrofes) e impactos da alocação de fixos econômicos no território, até as condições de vida da sociedade, o que implica em avaliações em diferentes escalas e períodos de tempo. Para tanto, o autor utiliza-se das seguintes categorias:

**Riscos naturais:** relacionados aos processos da dinâmica natural, mas que podem ser intensificados pela as atividades oriundas da ação antrópica.

**Riscos sociais:** relacionados diretamente com os conflitos sociais e econômicos, ou seja, envolve as atividades econômicas e as relações sociais.

**Riscos tecnológicos:** relacionados a atividades que modificam o meio ambiente e associados a processos produtivos.

A partir do conceito de risco ambiental e das metodologias a ele associadas os problemas ambientais podem ser discutidos utilizando-se uma linguagem comum e muitos deles podem ser medidos e comparados o que possibilita soluções mais eficientes a menores custos.

Segundo COUTO (2005), a avaliação de riscos é o processo que estima as características e a dimensão do risco fornecendo subsídios para o seu gerenciamento cujo objetivo é a implementação de ações no sentido de mitigar, reduzir ou eliminar os riscos considerados inaceitáveis. De acordo com a *National*

*Reseach Council*, apud KIRCHHOFF (2004), a avaliação de riscos e o gerenciamento de riscos têm funções distintas mas, em termos práticos, ambos precisam interagir. Do ponto de vista ambiental a avaliação de riscos constitui uma importante ferramenta no sentido de identificar pontos vulneráveis dos sistemas fornecendo informações para a elaboração de planos de proteção ao meio ambiente e adoção de medidas que visem à minimização dos efeitos nocivos associados aos riscos.

## **4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### 4.1 LOCALIZAÇÃO

A Bacia do Rio Jaguaribe está localizada no litoral sul do Estado da Paraíba, no município de João Pessoa, entre as coordenadas (UTM) 9216000mN/299000E e 9206000mN/287000E. Limita-se a leste com o Oceano Atlântico, a oeste com a Bacia do Rio Marés, ao norte com a Bacia do Rio Mandacaru e Bacia do Rio Sanhauá e ao sul com as Bacias dos Rios Cuiá, Gramame e Cabelo (Figura 11).

### 4.2 CARACTERIZAÇÃO

#### *4.2.1 Aspectos Físicos*

##### *4.2.1.1 Clima*

A Bacia do Jaguaribe está inserida dentro do domínio tropical úmido atlântico, fortemente influenciado pelos alísios marítimos e caracteriza-se por apresentar uma estação seca de 3 a 4 meses, e por uma estação chuvosa cujos máximos situam-se durante os meses de maio, junho e julho. (OLIVEIRA, 2001).

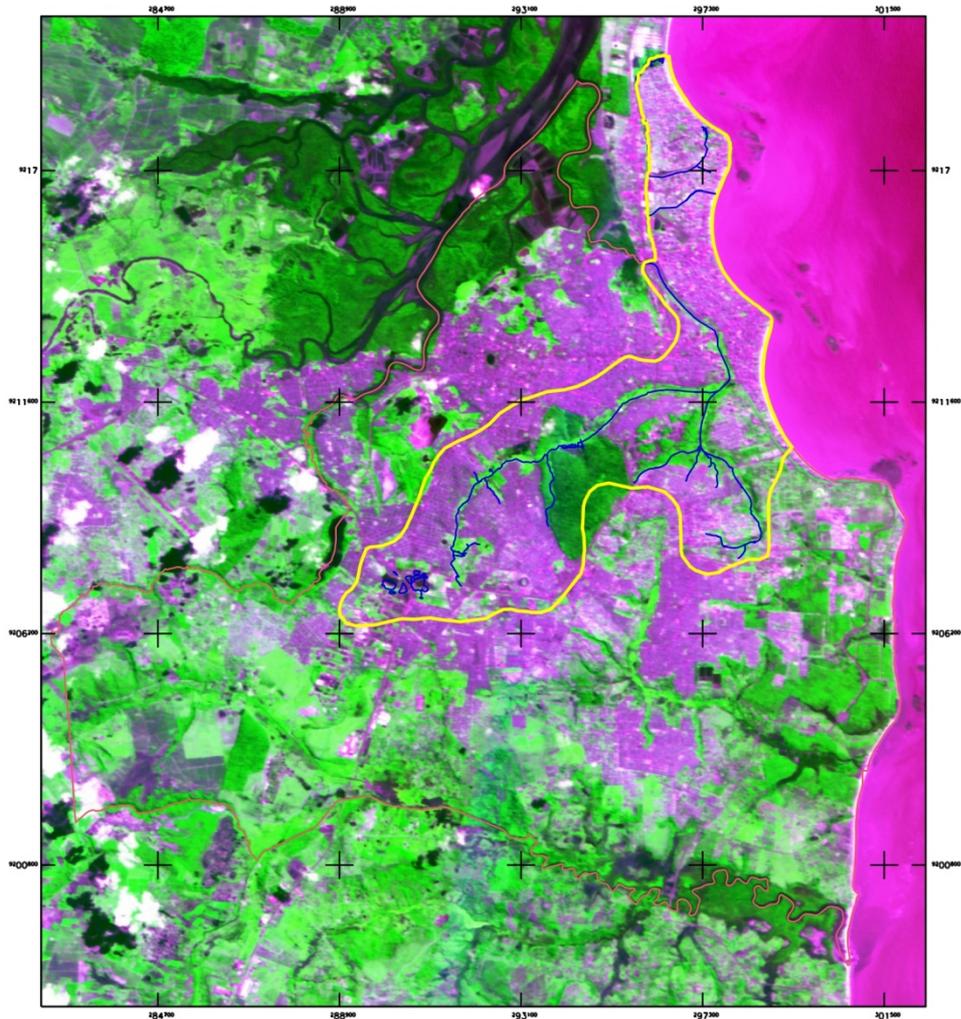
De acordo com a classificação de W. KÖPPEN, o clima é do tipo As´ caracterizado como quente e úmido com chuvas de outono e inverno. A média

térmica anual é de: mínima de 23° C; máxima de 28° C; e amplitude térmica de 5° C.

As temperaturas mais elevadas ocorrem na primavera, quando se verificam as mais fortes deficiências pluviométricas, assim como uma acentuada evapotranspiração. Elas coincidem também com a estação ecologicamente seca. A redução dos valores térmicos, durante os meses de inverno (junho-julho-agosto), é

**FIGURA 11** – Mapa de Localização da Área de Estudo.

LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO JAGUARIBE  
NA CIDADE DE JOÃO PESSOA – PB



Sistema de Projecção: UTM  
Datum Horizontal: SAD-69  
FUSO 25

1.1 0 1.1 2.2 3.3 4.4 km



muito pouco significativa: média de 23° C. As temperaturas diurnas ultrapassando 33° C são raras. A insolação, conforme foi mencionado, é de cerca de 2.995 horas, sendo que, durante a primavera, os valores são, sem dúvida, maiores (MELO e HECKENDORFF, 2001).

No contexto pluviométrico, a bacia do Jaguaribe, que está inserida na cidade de João Pessoa, apresenta dados bastante heterogêneos devido às estações seca (primavera-verão) e chuvosa (outono-inverno). A média pluviométrica gira em torno de 1.750mm.

O período mais chuvoso ocorre nos meses de maio, junho e julho, mas nos anos marcados por irregularidades das chuvas, esse período pode iniciar em fevereiro e se prolongar até agosto. O período seco se estende de setembro até janeiro às vezes até fevereiro, sendo que os meses de outubro, novembro e dezembro ficam caracterizados como sendo os meses mais secos do ano, nos quais se verificam os menores índices pluviométricos, ficando o mês de outubro com o menor índice (OLIVEIRA, 2001).

66

#### *4.2.1.2 Geologia*

A formação litológica da área em estudo é caracterizada pela predominância de rochas sedimentares que datam do Cretáceo ao Holoceno. Está inserida no contexto geológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, que em sua área emersa, ocupa uma faixa estreita de cerca de 9.000 km<sup>2</sup> ao longo do litoral dos Estados de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte, estendendo-se por 24.000 km<sup>2</sup> pela plataforma continental (GUEDES, 2002).

A Bacia Pernambuco-Paraíba é constituída por três sub-bacias: Olinda – porção meridional; Alhandra – porção central; Miriri – porção setentrional. A primeira sub-bacia localiza-se entre o Lineamento Pernambuco e a Falha Goiana. A

Sub-bacia Alhandra, entre esta última falha e o Lineamento Paraíba, mais especificamente, em uma das suas projeções constituídas pela Falha de Itabaiana-Pilar, enquanto que, a terceira sub-bacia encontra-se entre as Falhas de Itabaiana-Pilar e Pirpirituba (MARINHO, 2002).

Segundo MARINHO (2002), os terrenos sedimentares da área em apreço estão inseridos no contexto do Grupo Paraíba, que por sua vez, é composto pelas formações: Beberibe, Gramame e Marinha Farinha.

A Formação Beberibe tem como peculiaridade uma seqüência arenosa, de aproximadamente 200m de espessura, composta por arenitos friáveis, cinzentos e cremes, mal selecionados, com presença de elementos argilosos. O seu surgimento data do final da Era Mesozóica.

A Formação Gramame, compreende uma faixa sedimentar pouco espessa, de aproximadamente 55m. Na sua formação apresenta a predominância do calcário puro, calcários argilosos, e calcarenitos. Está alojada sobre a Formação Beberibe, e seu surgimento data do Cretácio superior. Seu nome deve-se aos afloramentos existentes na porção meridional do município de João Pessoa, igualmente no rio que tem o mesmo nome da Formação (Gramame) (MARINHO, 2002).

A formação Marinha Farinha expõe uma espessura de 30m e sua composição é formada por calcário argiloso. Sua idade corresponde à Era Cenozóica, Período Terciário (Paleógeno), mais adequadamente de idade Paleocena e começo do Eoceno (MARINHO, 2002).

#### *4.2.1.3 Geomorfologia*

Resultante da conjugação do clima com a geologia, a geomorfologia é caracterizada com a presença de praias, baixo planalto ou tabuleiros; planícies aluviais, e falésias mortas.

A planície costeira compreende a área situada na porção Leste da bacia com altitude variando entre 0 – 10m. As suas feições morfológicas são resultantes da ação do mar e dos rios, caracterizando elementos como: praia, terraço, restinga, estuário e cordão litorâneo. A composição sedimentológica é formada por grãos de quartzo, conchas e sedimentos oriundos de águas fluviais.

Os Tabuleitos ou Baixos Planaltos Costeiros, são feições morfológicas suavemente onduladas. A sua altitude é inferior a 100m, e está moldada sobre os sedimentos da Formação Barreiras.

MELO *et al* (2001), definem os tabuleiros como sendo:

*Baixos planaltos sub-horizontais que se inclinam suavemente em direção ao litoral, elaborados nos sedimentos do Barreiras. Eles apresentam-se dissecados pela drenagem, com vertentes por vezes íngremes e vales encaixados, alguns deles com acentuados declives nas cabeceiras. Falésias mortas, com 20 a 30 metros de altitude os delimitam com a baixada litorânea.*

68

As planícies aluviais ou várzeas são vales formados nos tabuleiros, frutos da dinâmica fluvial e que cortam os baixos planaltos.

As falésias são formas de relevo litorâneo. Constituem feições abruptas ou escarpadas, esculpidas em rochas sedimentares pela ação marinha. Podem ser “vivas” ou ativas, quando são constantemente atingidas pelo mar; e as “mortas”, inativas ou paleofalésias, que não são mais atingidas pela ação marinha.

De forma resumida, no aspecto geomorfológico, pode-se identificar no âmbito da bacia do Jaguaribe duas unidades, que são: Os Tabuleiros - baixos planaltos sub-horizontais que se inclinam suavemente em direção ao litoral, elaborados nos sedimentos do Barreiras. Eles apresentam-se dissecados pela drenagem, com vertentes por vezes íngremes e vales encaixados, alguns deles com acentuado declive nas cabeceiras. Falésias mortas, com 20 a 30 metros de altitude, os delimitam com a baixada litorânea e a Planície do Jaguaribe-Timbó (baixos e

médios vales) que se prolongam pela planície litorânea se alargando em direção ao Norte pela a planície da restinga de Cabedelo (MELO *et al*, 2001).

#### 4.2.1.4 Solos

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999), os tipos de solos que predominam na bacia do Jaguaribe são: Neossolos, Latossolos, Espodossolos, Gleissolos e Planossolos.

A tabela 05 representa a relação entre os tipos de solos segundo o Levantamento Exploratório dos Solos do Estado da Paraíba (1972) e a nova classificação segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999).

69

**TABELA 05** – Relação entre a antiga e nova classificação de solos.

ANTIGA CLASSIFICAÇÃO	NOVA CLASSIFICAÇÃO
Latossolos	Latossolos
Podzólicos (Podzóis)	Espodossolos
Solos Aluviais	Neossolos
Hidromórficos não abruptos	Gleissolos
Hidromórficos abruptos	Planossolos
Areias Quartzosas	Neossolos

Segue abaixo a chave de classificação dos tipos de solos, segundo EMBRAPA (1999):

- **LATOSSOLOS - LATOSSOLOS**

São solos minerais que apresentam o horizonte A Chernozênico, ou A proeminente, ou A Húmico, ou A moderado, ou A fraco, sobre horizonte B Latossólico com CTC < 17 Cmolc Kg<sup>-1</sup> de solo (sem correção para o carbono) e

saturação por bases alta ( $V >$  ou  $= 50\%$ ), ou baixa ( $V < 5\%$ ). O horizonte B Latossólico, que ocorre imediatamente abaixo do horizonte A, deve ocorrer dentro de 200cm da superfície do solo, ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresentar mais que 150cm de espessura.

- **PODZÓLICOS (PODZÓIS) - ESPODOSSOLOS**

São solos minerais que apresentam o horizonte A Chernozêmico, ou A proeminente, ou A Húmico, ou A moderado, ou A fraco ou horizonte Hístico (com espessura  $< 40\text{cm}$ ) sobre horizonte B Espódico dentro de 200cm da superfície do solo, ou 400cm se a soma dos horizontes A + E, ou horizonte Hístico + E ultrapassar 200cm de profundidade.

- **SOLOS ALUVIAIS / AREIAS QUARTZOSAS - NEOSSOLOS**

São solos que apresentam o horizonte A Chernozêmico (não conjugado com o caráter carbonático e/ou horizonte cálcico) ou A proeminente, ou A Húmico, ou A moderado, ou A fraco, ou até Hístico, se a sua espessura for  $< 30\text{cm}$ , quando sobrejacente a rocha ou sobre o horizonte C.

Os Neossolos satisfazem, ainda, o seguinte requisito:

- Ausência de horizonte Glei dentro de 50cm da superfície do solo, exceto no caso de solos de textura arenosa;
- Ausência de horizonte Plíntico dentro de 40cm da superfície do solo;
- Ausência de horizonte Vértico imediatamente abaixo de horizonte A;
- A chernozêmico, se presente não deve estar conjugado com o caráter carbonático e/ou horizonte cálcico.

- **HIDROMÓRFICOS NÃO ABRUPTOS - GLEISSOLOS**

São solos minerais que apresentam o horizonte A Chernozêmico, ou A proeminente, ou A moderado, ou horizonte Hístico com espessura < 40cm. Imediatamente sobre o horizonte Glei, ou Glei começando dentro de 50cm da superfície do solo, ou entre 50 e 125cm desde que imediatamente abaixo do horizonte A ou E (Gleisadou ou não), ou precedidos por horizonte B incipiente, B textural ou C com Mosqueado abundante com cores de redução.

- **HIDROMÓRFICOS ABRUPTOS - PLANOSSOLOS**

São solos minerais imperfeitamente ou não mal drenados que apresentam o horizonte: A Chernozêmico, ou A proeminente, ou A Húmico, ou A moderado, ou A fraco, sobre o horizonte B Plânico. São solos imperfeitamente ou mal drenados com abrupto contraste do teor de argila entre o horizonte superficial e o B Plânico que é adensado e pouco permeável. O horizonte Plânico, se ocorrer, não está acima e nem coincide com o horizonte B Plânico, e o horizonte Glei se existir, coincide com o horizonte B Plânico, ou ocorre abaixo dele. O aspecto pedológico muito importante desses solos é a presença do caráter abrupto entre os horizontes A (ou E) e B que é adensado.

71

#### *4.2.1.5 Vegetação*

A quantificação da cobertura vegetal de uma área urbana é um dos atributos considerados para a determinação da qualidade de vida dos seus habitantes. A cidade de João Pessoa apresenta uma cobertura vegetal bastante densa, propiciando aos seus ocupantes desfrutar de uma paisagem exuberante e agradável.

A vegetação da Bacia do Jaguaribe aparece configurada, segundo CARVALHO (1985), com formação vegetal pioneira; campos e matas de restinga; manguezais; mata úmida – latifoliada perenifólia costeira – ou mata atlântica; e cerrado.

A formação vegetal pioneira é caracterizada por uma formação do tipo herbácea, com uma fisiologia própria para ambientes salinos. À medida que se afasta da praia, a vegetação aumenta de porte, pois diminui o teor de sal e aumenta a quantidade de matéria orgânica do solo (CARVALHO, 1985).

**Espécies de formação vegetal pioneira:** *Paspalum maritimum* Trin (capim gengibre); *Polygala corisoides* St Hil (pinheiro de praia); *Turnera ulmifolia* L. (chamana); *Chrysobalanus isaco* L. (guajeru).

Os campos e mata de restinga aparecem em um ambiente de solo arenoso e profundo. A formação dos campos é do tipo arbustiva, de densidade variável. A mata de restinga é subcaducifólia, com árvores de porte médio (10 – 15 m), tronco de diâmetros pequenos, copas largas e irregulares (CARVALHO, 1985).

**Espécies de campo:** *Byrsonima gardneriana* Jus (murici de praia); *Abrus precatorius* L. (olhos de pombo); *Heliconia angustifolia* Hook (paquevira).

**Espécies de mata de restinga:** *Schinus therebenthifolius* R. (aroeira de praia); *Moquilea tomentosa* Benth (oiti de praia); *Manilkara salzmanni* (A DC); *H. J. Lam* (maçaranduba).

O manguezal é um tipo de formação vegetal peculiar à ambientes de transição entre a terra e o mar. A sua formação florestal é do tipo *perenifólia*. Apresenta espécies com o sistema fisiológico adaptado a ambientes com auto grau de salinidade e com um elevado teor de matéria orgânica em decomposição.

A vegetação de mangue é formada por arbustos como a *Rhizophora mangle*, facilmente identificada por raízes escoras, que aumentam a área de

sustentação, e a *Avicennia tomentosa*, cujas principais características é apresentar raízes respiratórias, os pneumatóforos, cujas extremidades afloram perpendicularmente ao solo.

**Espécies de manguezal:** *Rhizophora mangle* L. (mangue vermelho); *Conocarpus erectus* L. (mangue de botão); *Laguncularia racenosa* G. (mangue branco); *Avicennia schaueriana* Stap e Lechman (mangue siriúba); *Acrostichum aureum* L. (samambaia assu); *Hibiscus tiliaceus* L. (guaxuma).

A mata úmida – Latifoliada Perenifólia Costeira – mais conhecida como Mata Atlântica, compreende uma formação florestal que se estende do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. A Mata Atlântica é um tipo de formação bastante densa, com o aspecto esverdeado constante, árvores de grande porte, podendo chegar a uma altura superior aos 33 metros.

**Espécies de mata úmida:** *Ocotea glomerata* (louro); *Hymenaea martiana* H. (jatobá); *Caesalpinia echinata* Lam (pau-brasil); *Acrocomia intumescens* Drude (macaíba).

*A Mata Atlântica é a denominação dada a um complexo de formações vegetais e ecossistemas associados: Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical) subdividida em: Aluvial, das Terras Baixas e Submontana, Montana e Alto-montana, Floresta Ombrófila Aberta (em fácies da Floresta Ombrófila Densa), Floresta Estacional Semidecidua, Floresta Estacional Decidua, manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (GUEDES, 2002).*

A formação de cerrado, mais conhecida no nordeste como “Tabuleiros”, compreende uma formação do tipo herbáceo-arbustiva, apresentando várias espécies peculiares ao cerrado da porção central do Brasil.

A formação mais freqüente é representada por uma vegetação formada por herbáceas e lenhosas arbustivas e arbóreas baixas, muito densa e com algumas árvores esparsas. Trata-se de um ecótono e também de uma formação secundária (MELO *et al*, 2001).

**Espécies de cerrado:** *Hancornia speciosa* Gómez (mangaba); *Curatella americana* L. (lixreira); *Anacardium microcarpum* L. (cajuí).

#### 4.2.1.6 Hidrografia

Embora haja algumas conjecturas de que o Rio Jaguaribe teria sua nascente nas “Três Lagoas”, a literatura especializada a localiza na área situada junto ao Conjunto Esplanada. Após sua nascente, o rio Jaguaribe é alimentado por um conjunto de riachos e pequenos córregos que descem das suas vertentes e das encostas dos tabuleiros, destacando como um dos seus principais afluentes o riacho Timbó, pela margem direita, e o rio dos Macacos na margem esquerda, o qual encontra-se quase desaparecido. Uma densidade de pequenos córregos, olhos d’água e drenos completam o sistema de drenagem natural da bacia. O rio Jaguaribe e seus afluentes, representam a bacia hidrográfica intra-urbana mais expressiva, típica da zona costeira e sub-costeira sedimentar do Nordeste Oriental brasileiro (MELO *et al*, 2001).

#### 4.2.2 Aspectos Urbanos

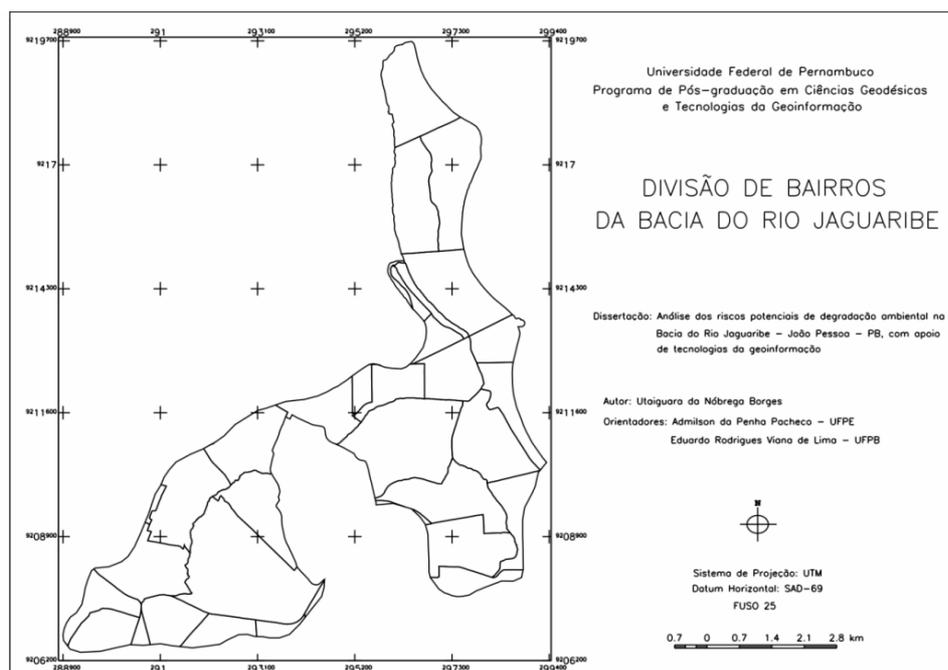
Falar da ocupação da Bacia é fazer uma análise do processo histórico da evolução urbana de João Pessoa, só que em uma escala menor, pois o processo de

ocupação da bacia, é fruto de um conjunto de transformações que a cidade foi experimentando ao longo do tempo, até os dias atuais.

O processo de ocupação da bacia não é homogêneo e isso faz com que os aspectos relacionados à fisionomia urbana também se diferenciem ao longo da área, onde encontram-se bairros densamente povoados, com uma ocupação de alto padrão e melhores serviços de infra-estrutura, ao contrário de outros, que apresentam uma certa heterogeneidade do padrão de ocupação e dos serviços de infra-estrutura.

A Bacia do Rio Jaguaribe é composta pelos seguintes bairros: Jaguaribe, Castelo Branco, Oitizeiro, Brisamar, Torre, Cruz das Armas, Tambauzinho, Cristo Redentor, Expedicionários, Miramar, Altiplano, Bancários, Tambaú, Manaíra, Altiplano, Ernani Sátyro, Jardim Veneza, São José, Cidade dos Funcionários, Cabo Branco, Jardim Cidade Universitária, Bessa, Jardim Oceania, Aeroclube, Bairro dos Ipês, Manaira, Tambaú, Pedro Gondim, Bancários, Jardim São Paulo, Água Fria, Portal do Sol, Mangabeira, Varjão, Costa e Silva, Distrito Industrial, Ernesto Geisel, João Paulo II, e Grotão, segundo a nova divisão de bairros da cidade de João Pessoa, elaborada pela Secretaria de Planejamento do Município (Figura 12).

**FIGURA 12** – Mapa da Divisão de Bairros da Bacia do Rio Jaguaribe.



## **5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Este trabalho propõe uma avaliação que toma por base a cartografia em escala 1:25.000, dados censitários, dados de uso do solo obtidos a partir de uma imagem orbital com resolução espacial compatível com a escala de trabalho, portanto pretende ser um método de resposta rápida e de baixo custo.

O método constitui-se de uma série de etapas desde o preparo da base e o tratamento da imagem até os cruzamentos dos planos de informação e análise dos dados, não exigindo *hardware* de alto desempenho ou *software* de alto custo e pode ser aplicado para bacias hidrográficas em áreas urbanas como aporte ao gerenciamento de recursos hídricos e planejamento ambiental nos municípios.

76

### 5.1 MATERIAIS

#### 5.1.1 Dados

Inicialmente, uma vez identificada, caracterizada e localizada espacialmente a área de estudo, foi realizado um levantamento dos dados bibliográficos, cartográficos e fotográficos.

Uma vez conhecidas as coordenadas geográficas da área de estudo, que delimitam a poligonal da bacia hidrográfica, foi realizada uma pesquisa no banco de dados de imagens CBERS do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, com o objetivo de localizar a melhor imagem que abrangesse toda a área de estudo.

No final da pesquisa foi identificada a imagem órbita/ponto 146/108, do ano de 2005, com 05% de cobertura de nuvens, como melhor produto para o processamento, uma vez que o percentual de nuvens e as bandas espectrais disponíveis atenderam as exigências da pesquisa.

Posteriormente foi realizado um inventário de todo material cartográfico existente da área. Os dados encontrados foram cartas topográficas da SUDENE na escala de 1:25.000, teses e dissertações com mapas do meio físico também na escala de 1:25.000.

Complementando a relação de dados utilizados, foi adquirido junto à Loja Virtual do IBGE<sup>1</sup> um conjunto composto por quatro CD's-ROM, conforme ilustra a tabela 06.

**TABELA 06** – Relação dos CD's adquiridos junto ao IBGE para a pesquisa.

<b>TÍTULO</b>	<b>CONTEÚDO</b>
<b>ESTATCART</b>	Sistema de Recuperação de Informações Georreferenciadas, versão 2.0
<b>Base de Informações Municipais</b>	Dados Municipais Georreferenciados
<b>Censo Demográfico 2000</b>	Agregados por setor censitários dos resultados do universo
<b>Malha de Setor Censitário do Brasil</b>	Arquivos digitais vetoriais dos limites de setores censitários, em formato DXF e projeção geográfica.

---

<sup>1</sup> Disponível na Internet através do site <http://www.ibge.gov.br>, acesso em 04/06/07.

### *5.1.2 Equipamentos*

Foi utilizado um microcomputador tipo notebook, AMD Turion 64 bits, HD 120GB, Memória RAM de 1GB, Gravador de DVD Dual Layer. Uma impressora Epson R270 e um Scanner de mesa de marca HP.

### *5.1.3 Programas Computacionais*

Para o processamento dos dados vetoriais e matriciais foi utilizado o programa computacional SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas), Versão 4.3.3, desenvolvido pelo INPE. O SPRING “é um banco de dados geográficos de 2<sup>a</sup>. geração”, com distribuição gratuita pela Internet. Segundo o INPE (2007), suas principais características, indispensáveis para os objetivos desta pesquisa, são:

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“raster”), e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG;

- Provê um ambiente de trabalho amigável e poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra);
- Consegue escalonabilidade completa, ou seja, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde micro-computadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

## 5.2 MÉTODOS

Na avaliação dos fatores de riscos potenciais de degradação ambiental da Bacia do Jaguaribe, o presente trabalho propõe considerar os aspectos físicos e o uso do solo em toda a área da bacia e as condições de desenvolvimento humano e saneamento nas áreas onde se encontra a maior parte da população. Estes dados serão analisados separadamente e também de forma conjunta através do cruzamento das informações utilizando o potencial da ferramenta SIG para avaliar os desdobramentos de alguns fatores de risco.

A etapas executadas encontram-se detalhadas e justificadas a seguir.

### *5.2.1 Aspectos do Meio Físico da Bacia*

O objetivo de inventariar as informações dos aspectos naturais da bacia é essencialmente transferir todas as informações existentes sobre o meio físico para um documento cartográfico que possa ser cruzado com as variáveis de uso e ocupação e das leis ambientais.

Como o objetivo principal desse trabalho é identificar áreas de riscos potenciais de degradação ambiental da bacia hidrográfica e, conseqüentemente, as áreas de riscos para a população que ocupam as mais diversas áreas da bacia, o presente trabalho procurou abordar algumas variáveis do meio físico pertinentes ao mapeamento geotécnico.

### *5.2.2 Uso e Ocupação do Solo da Bacia*

O principal objetivo desta avaliação é identificar na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe “áreas de conflito de uso”, ou seja, áreas de preservação permanente relacionadas aos recursos hídricos de acordo com a legislação federal mas que encontram-se ocupadas. As áreas de “conflito de uso” foram identificadas através de operações de análise espacial nas quais efetuou-se o cruzamento das áreas de preservação permanente definidas com as classes de uso do solo identificadas através da classificação da imagem.

Inicialmente foram definidas as áreas de preservação permanente tomando por base os parâmetros estabelecidos na legislação - LEI N° 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Código Florestal, e a LEI N° 7.803, de 18 de julho de 1989 – altera o Código Florestal, e definem as áreas de preservação permanente (ANEXO - B). Em seguida após efetuou-se o cruzamento das informações destas áreas com as classes de uso do solo: área urbana, vegetação, e água. Desta forma foi possível identificar as áreas irregularmente ocupadas e o tipo de uso do solo nestas áreas.

Com base nessa legislação vigente, foram adotadas as faixas de 30 e 50 metros ao longo dos rios, dependendo de sua largura, para delimitar as áreas de preservação permanente.

### 5.2.3 Condições de Desenvolvimento Humano

A avaliação da condição de desenvolvimento humano envolve a adaptação do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD aos dados obtidos junto ao IBGE referentes aos resultados do Censo Demográfico 2000 (questionário universal).

Para o cálculo do índice adaptado do IDH-M aqui simplesmente chamado de IDH é necessário ter presentes alguns conceitos importantes a respeito dos dados retirados do Censo Demográfico 2000 conforme segue:

#### **a) Unidade territorial de coleta (setor censitário)**

É a unidade de controle cadastral formada por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios ou de estabelecimentos que permitam levantamento das informações por um único agente credenciado, segundo cronograma estabelecido.

#### **b) Alfabetização**

Considerou-se como alfabetizada a pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhecia. Aquela que aprendeu a ler e escrever, mas esqueceu, e a que apenas assinava o próprio nome foi considerada analfabeta.

#### **c) Idade**

A consulta nos dados do censo da idade da pessoa foi feita da seguinte forma:

- Pela pesquisa: do mês e ano do nascimento;

- Pela declaração da idade que tinha em 31 de julho de 2000, somente para quem respondeu o mês e ano do nascimento; nesse caso, foi pesquisado o número de anos ou meses completos, respectivamente, para as pessoas com idades superiores ou inferiores a um ano; para o recém-nascido, com menos de um mês de vida, considerou-se a idade zero; e pela idade presumida para a pessoa que não sabia o mês ou o ano do nascimento.

De acordo com os dados do Censo Demográfico 2000 os setores censitários que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe totalizam aproximadamente 293.000 habitantes e 75.000 domicílios particulares permanentes.

#### *5.2.4 Condições de Saneamento*

Com o objetivo de avaliar as condições de saneamento foi elaborado um índice específico: o Índice de Saneamento Ambiental – ISA que foi gerado, a exemplo do IDH, com os dados do Censo Demográfico 2000. A criação deste índice deve-se a importância de que o saneamento representa questão relacionada aos recursos hídricos, mais notadamente em áreas densamente urbanizadas. Com relação ao saneamento também existem alguns conceitos importantes no que se refere à coleta de dados do censo, os quais são abaixo apresentados:

**a) Domicílio particular permanente:** domicílio que foi construído para servir exclusivamente à habitação e, na data de referência, tinha finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas; sendo considerados também domicílios localizados em estabelecimentos institucionais como hospitais, leprosários, asilos, mosteiros, quartéis, escolas, prisões e assemelhados ocupados por seus empregados ou por militares.

**b) Forma de abastecimento de água:** as formas de abastecimento de água dos domicílios foram assim classificadas:

**b.1) Rede geral:** quando o domicílio, ou o terreno ou a propriedade em que estava localizado, estava ligado à rede geral de abastecimento de água;

**b.2) Poço ou nascente:** quando o domicílio era servido por água de poço ou nascente, localizado no terreno ou propriedade em que estava construído o domicílio;

**b.3) Outra:** quando o domicílio era servido por água de poço ou nascente localizado fora do terreno ou da propriedade em que estava construído ou quando o domicílio era servido de água de reservatório, abastecido com água das chuvas, por carro-pipa ou, ainda, por poço ou nascentes localizados fora do terreno ou da propriedade em que estava construído.

**c) Banheiro:** o cômodo do domicílio particular permanente que, na data de referência, dispunha de chuveiro ou banheira e aparelho sanitário, e era de uso exclusivo dos moradores do domicílio.

**d) Sanitário:** o local, no terreno ou na propriedade onde se localizava o domicílio, limitado por paredes de qualquer material, coberto ou não por um teto, que dispunha de aparelho sanitário ou de buraco para dejetos.

**e) Tipo de esgotamento sanitário:** os tipos de esgotamento sanitário dos domicílios com banheiro ou sanitário foram assim classificados:

**e.1) Rede geral de esgoto ou pluvial:** quando a canalização das águas servidas e dos dejetos do banheiro ou sanitário estava ligada a um sistema de coleta

que o conduzia a um escoadouro geral da área, região ou município, mesmo sem estação de tratamento de esgoto;

**e.2) Fossa séptica:** quando a canalização do banheiro ou sanitário estava ligada a uma fossa séptica, sendo ou não a parte líquida conduzida a um desaguadouro geral;

**e.3) Fossa rudimentar:** quando o banheiro ou sanitário estava ligado a uma fossa rústica;

**e.4) Vala:** quando o banheiro ou sanitário estava ligado diretamente a uma vala a céu aberto;

**e.5) Rio, lago ou mar:** quando o banheiro ou sanitário estava ligado diretamente a um rio, lago ou mar;

**e.6) Outro escoadouro:** quando o escoadouro dos dejetos provenientes do banheiro ou sanitário fosse diferente dos descritos acima.

**f) Destino do lixo:** o destino do lixo proveniente do domicílio particular permanente foi classificado como:

**f.1) Coletado:** coletado por serviço de limpeza ou em caçamba de serviço de limpeza;

**f.2) Não coletado:** queimado na propriedade, enterrado na propriedade, jogado em terreno baldio ou logradouro, jogado em rio, lago ou mar, ou outro destino que não os anteriores.

## **6 - ETAPAS DO TRABALHO**

### 6.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Esta foi a primeira etapa da pesquisa. Teve o objetivo de levantar todo material bibliográfico existente sobre a Bacia do Jaguaribe, e as técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto utilizadas.

Várias foram as fontes pesquisadas: Biblioteca Setorial de Geociências - UFPB; Biblioteca Central da Universidade Federal da Paraíba – UFPB - João Pessoa; Biblioteca Setorial do Centro de Tecnologia e Geociências – CTG, da UFPE; Biblioteca da Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA; Biblioteca do Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET; Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP; Pesquisa na Internet em sites dos seguintes órgãos: ENGESAT Imagens de Satélites; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba - IDEME; Federação das Associações de Municípios da Paraíba – FAMUP; e Ministério do Meio Ambiente - MMA.

85

### 6.2 LEVANTAMENTO CARTOGRÁFICO

Realizado concomitantemente ao levantamento bibliográfico. Compreendeu a obtenção de todo o material cartográfico existente da área em apreço, mapas em papel e digitais, fotos aéreas e imagem de satélite. Alguns foram levantados e utilizados só como fonte para comparações: mapas em papel e algumas fotografias aéreas. Os materiais utilizados com maior frequência no trabalho foram:

- **Base Cartográfica:** Mapas Geotécnicos (1:25.000); Curvas de Nível (SUDENE - 1:25.000); Setores Censitários do IBGE; e Divisão de Bairros (PMJP).
- **Imagem de Satélite:** Nessa pesquisa optou-se por trabalhar com imagens de baixo custo, ou seja, um material que seja de domínio público. Foram escolhidas cenas do Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS) que segundo o INPE (2007) apresenta as seguintes características:

Os satélites CBERS-1 e 2 são compostos de dois módulos: módulo "carga útil" que acomoda os sistemas ópticos (HR CCD – *High Resolution Charge-Coupled Devices*, IRMSS - *Infra-Red Multispectral Scanner* e WFI - *Wide Field Imager*) e eletrônicos usados para observação da Terra e coleta de dados; e módulo "serviço" que contém os controles, telecomunicações, equipamentos que asseguram o suprimento de energia e demais funções necessárias à operação do satélite. A órbita do CBERS-1 é heliossíncrona, a uma altitude de 778 km, perfazendo cerca de 14 revoluções por dia. Nesta órbita, o satélite cruza o equador sempre na mesma hora local (10h30min), retornando a cada 26 dias ao mesmo ponto de cobertura da Terra.

O satélite CBERS-1 é equipado com câmeras para observações ópticas de todo o globo terrestre, além de um sistema de coleta de dados ambientais. São sistemas únicos devido ao uso de sensores que combinam características especiais para resolver a grande variedade de escalas temporais e espaciais, características de nossos ecossistemas. A imagem utilizada neste trabalho foi gerada pelo instrumento HR CCD - *High Resolution Charge-Coupled Devices*. O sensor CCD fornece imagens com uma resolução de 20 metros nas regiões do visível ao infravermelho próximo. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de  $\pm 32^\circ$ , possibilitando a obtenção de imagens estereoscópicas. (Tabela 07). Além disso, qualquer fenômeno detectado pelo WFI pode ser

focalizado pela Câmera CCD através do apontamento apropriado de seu campo de visada, no máximo a cada 3 dias.

**TABELA 07** - Principais características do instrumento imageador CCD.

Bandas espectrais	0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$ (pan) 0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ (azul) 0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ (verde) 0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ (vermelho) 0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ (infravermelho próximo)
Campo de Visada	8,3°
Resolução espacial	20 x 20 m
Largura da faixa imageada	113 km
Capacidade de apontamento do espelho	$\pm 32^\circ$
Resolução temporal	26 dias: com visada vertical - 3 dias: visada lateral
Frequência da portadora de RF	8103 & 8321 MHz
Taxa de dados da imagem	2 x 53 Mbits/s

**FONTE:** INPE – 2007.

### 6.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para iniciar a edição e o processamento dos dados, primeiramente foi necessário a criação de um banco de dados para iniciar a entrada dos dados. Como já foi citado anteriormente, o sistema adotado para tal foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING.

No SPRING, os passos iniciais consistem na criação e modelagem do banco de dados. Tal modelagem configura-se na definição de categorias, que podem ser dos modelos Imagem, Numérico, Temático, Cadastral ou Rede. Tais categorias determinam o tipo de dado que será manipulado, bem como as operações possíveis para seu tratamento (Tabela 08).

Definido o modelo de dados e criadas as categorias, procedeu-se a criação de um projeto. Nesta etapa, foram definidos os limites geográficos da área

de estudo (Retângulo Envolvente), a projeção cartográfica e demais parâmetros cartográficos. A criação de um projeto, no SPRING, implica na criação de um sub-diretório do banco de dados criado anteriormente, que armazena os dados manipulados.

**TABELA 08** – Categorias de modelos de dados do SPRING

<b>Modelo da Categoria</b>	<b>Qualificação do Dado</b>	<b>Dados Utilizados Neste Trabalho</b>
Imagem	Em formato matricial.	Mapas escaneados; Imagens do Satélite CBERS.
Numérico	Possui uma variação contínua de seus valores numéricos em função da sua posição na superfície.	Curvas de Nível.
Temático (Associados a classes Temáticas)	Classifica uma posição geográfica quanto a um determinado tema.	Mapas Geotécnicos; Uso e Cobertura do Solo e Declividade.
Cadastral (Associados a objetos)	Contêm a representação de determinado tipo de objeto, associado a uma tabela de atributos.	Setores e Indicadores Sociais.
Rede	Dado geográfico que possui relações de fluxo e conexão entre os inúmeros elementos que deseja-se representar e monitorar.	Não Utilizado.

O projeto é composto de um conjunto de planos de informação (PIs) que são o suporte para os diferentes tipos de dados existentes, onde estes podem ser importados, digitalizados e editados. Cada PI está associado a uma única categoria e modelo de dados previamente criado e nele ocorre a representação gráfica da informação, assim como seu processamento.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi criado o banco de dados Bacia do Jaguaribe, com projeção UTM/SAD\_69, delimitado pelas coordenadas

métricas 280996m, 9196978m (canto inferior esquerdo) e 304085m, 9221311m (canto superior direito).

As categorias e PIs criados para inserção dos dados estão listados na tabela 09.

**TABELA 09** – Categorias, Modelos e PIs (Plano de Informação) criados no Projeto Bacia do Jaguaribe.

<b>CATEGORIA</b>	<b>MODELO</b>	<b>PI</b>
Conflito de uso	Temático	Conflito
Curvas nivel	MNT	Curvas 5m
Declividade	Temático	Declividade Editada
Geotecnia riscos	Temático	Geotec Riscos
Grade declividade	MNT	Grade Decliv
IDH	Temático	IDH
IDH+ISA	Temático	IDH+ISA
Imagem	Imagem	CBERS 2000
ISA	Temático	ISA
Geotec I	Temático	Mat Inconsolidados
Geotec II	Temático	Mov de Massa
Geotec III	Temático	Pot Erosao
Risco I	Temático	Decliv x Area Urbana
Risco II	Temático	Geotec x Area Urbana
Risco Potencial	Temático	Risc Potencial
Setores	Cadastral	Censitario
Urbano	Temático	Drenagem – Limite
Uso do Solo	Temático	Uso

### 6.3.1 Processamento dos Dados Matriciais

O Processamento dos dados matriciais consiste, nesse trabalho, no Processamento Digital de Imagens (PDI), que na área de Sensoriamento Remoto compreende, de forma simplificada, a aplicação de técnicas, por meio de sistemas computacionais específicos, que resultem numa melhor visualização das informações contidas nas imagens de satélites. Como o PDI caracteriza-se por uma grande diversidade de técnicas destinadas a facilitar a extração e interpretação

dessas imagens, aborda-se aqui apenas as que são utilizadas na pesquisa em questão.

Nesta etapa do trabalho a aplicação destas técnicas nas imagens CBERS, sensor CCD, serviram para extrair as informações de uso e ocupação do solo da bacia.

#### *6.3.1.1 Correção Geométrica e Registro da Imagem*

As imagens foram corrigidas com referência nos dados cartográficos existentes. Foi realizada a transformação geométrica com base nos pontos de controle no terreno.

No SPRING, este procedimento é realizado interativamente, associando-se pontos de fácil reconhecimento na imagem e na base cartográfica. Dezesete pontos de controle foram associados, com erro médio inferior a um pixel. Em seguida as imagens foram re-amostradas por interpolação, pelo método do vizinho mais próximo.

90

#### *6.3.1.2 Composições Coloridas em RGB*

A interpretação de produtos de sensoriamento remoto é um trabalho que depende, principalmente, da textura e da cor para diferenciar alvos, como tipos de vegetação, padrões específicos de uso e ocupação do solo, entre outros elementos.

Uma das maneiras mais tradicionais de realizar tal tarefa é a combinação de três bandas espectrais no sistema de cores RGB (*Red, Green, Blue*). Várias composições coloridas em RGB foram testadas para a imagem CBERS,

sensor CCD. As Imagens foram submetidas às modificações de contraste de histograma, de forma a melhorar a distinção visual de diferentes aspectos na imagem resultante. As técnicas empregadas envolveram transformações não-lineares (Gaussiana e Logarítima).

### *6.3.1.3 Segmentação e Classificação*

Para a produção do mapa temático de uso e ocupação do solo da bacia, as imagens foram classificadas pelo método não supervisionado por regiões. Tal método pressupõe a segmentação, ou seja, a divisão da imagem em regiões, ou conjunto de pixels contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade espectral.

Através do algoritmo baseado no crescimento de regiões, implementado no SPRING, foi produzida uma imagem rotulada, com regiões delimitadas segundo limiares de similaridade e de área (em pixels). Após vários testes, foram adotados os valores 50 para similaridade e 10 para o tamanho mínimo de cada região. Como não existe uma padronização para esses valores, sua definição depende dessa experimentação.

Na imagem rotulada, somente os contornos das regiões delimitadas são representados, possibilitando sua sobreposição a outras imagens e facilitando a identificação de áreas de treinamento, na seqüência do processo de classificação, bem como a edição final do mapa temático. Cada região tem ainda como rótulo o nível de cinza médio dos pixels que a compõem.

Foram definidas, inicialmente, três classes de uso e cobertura do solo: água, área urbana e vegetação. O algoritmo de classificação não supervisionada por regiões utilizado foi o ISOSEG.

### 6.3.2 Processamento dos Dados Vetoriais

Com o objetivo de espacializar os índices elaborados (IDH e ISA) foram utilizados os setores censitários que pertencem a área da bacia hidrográfica em questão. Estes dados foram obtidos do IBGE (Base de Informações por Setor Censitário - Censo Demográfico 2000 – Resultados do Universo) disponibilizados em formato *shape file*. Após separados os arquivos de interesse, estes foram importados para o SPRING com o objetivo de compatibilizar com a base da bacia.

O trabalho de edição dos setores censitários teve como objetivo selecionar os setores pertinentes a área de estudo. Foi feita uma sobreposição do limite oficial da bacia com a base dos setores, realizando posteriormente uma operação resultando numa base onde foram descartados os setores que ficaram fora da área da bacia. Desta forma a composição geral dessa base abrange 298 setores censitários.

Depois de editados todos os polígonos, foi necessário verificar se todos estavam fechados e identificá-los através do código do setor censitário (número atribuído pelo IBGE).

Para montagem das bases cartográficas do meio físico (Drenagem e Geotecnia), inicialmente foi utilizada a estrutura raster, ou seja, a entrada dos dados iniciou-se pelo processo de rasterização dos mapas que estavam impressos em papel. Posteriormente, foi dado início ao processo de vetorização via tela, onde todos temas foram individualizados e organizados em camadas ou layers.

Com o término do processo de transformar as informações do formato raster para o vetorial, todos os temas foram organizados de acordo com suas respectivas categorias e modelos disponíveis no SPRING.

O projeto no SPRING está disposto com as seguintes bases cartográficas:

- Setores Censitários;
- Curvas de Nível;
- APP's;
- Declividade;
- IDH;
- ISA;
- Materiais Inconsolidados;
- Movimentos de Massa;
- Potencial a Erosão;
- Uso do Solo;
- Drenagem;
- Limite da Bacia.

### *6.3.3 Processamento dos Dados Tabulares – Tratamento dos Índices*

93

Neste trabalho foram utilizados dois índices: uma adaptação do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M e um índice específico para avaliar as condições de saneamento, o Índice de Saneamento Ambiental – ISA. A adaptação do IDH-M foi feita em função da disponibilidade dos dados obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, provenientes do censo de 2000 (questionário universal) e disponibilizados por setor censitário. O ISA foi elaborado com o objetivo de avaliar especificamente as condições de saneamento não contempladas no IDH-M e pela constatação em visita local da precariedade de infraestrutura das comunidades subnormais.

### **a) IDH – Índice de Desenvolvimento Humano**

O IDH foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD originalmente para medir o nível de desenvolvimento humano dos países a partir de indicadores de educação, longevidade e renda. Seus valores variam entre 0 (zero), que significa nenhum desenvolvimento humano e 1 (um) que significa desenvolvimento humano total. Quando este índice não ultrapassa 0,499 diz-se que o país tem um desenvolvimento humano baixo, se o valor do índice ficar entre 0,500 e 0,799, considera-se um desenvolvimento humano médio e se o índice foi igual ou superior a 0,800, o país apresenta um alto desenvolvimento humano.

Este índice também é utilizado para aferir o nível de desenvolvimento em municípios, denominando-se IDH-M, neste caso existe uma adaptação em termos de indicadores por tratarem-se de núcleos sociais menores. Entretanto foram mantidas as suas três dimensões básicas: educação, longevidade e renda. O cálculo destas três dimensões é efetuado considerando alguns indicadores específicos, conforme segue:

**a.1) Educação:** considera a taxa de alfabetização com peso 2 e a taxa bruta de frequência a escola com peso 1. A taxa de alfabetização resulta da divisão do número de pessoas no município com mais de 15 anos de idade capazes de ler e escrever um bilhete simples pelo número de pessoas no município com mais de 15 anos de idade. A taxa bruta de frequência a escola é o somatório do número de pessoas residentes no município que estão frequentando a escola (nível fundamental, médio, superior ou supletivos), independente da idade, dividido pela população residente no município na faixa etária de 7 a 22 anos. A faixa etária de 7 a 22 anos é definida de acordo com o calendário do Ministério da Educação que estabelece que aos 7 anos uma criança deve iniciar o primeiro ciclo do ensino fundamental, aos 15 anos deve ingressar na primeira série do ensino médio e aos 22 anos deve concluir o ensino superior.

**a.2) Longevidade:** este índice considera o número médio de anos que uma pessoa nascida no município, no ano de referência, deve viver, ou seja, a expectativa de vida no município referente a este ano. Este indicador sintetiza as condições de saúde e salubridade local, uma vez que quanto mais mortes houver nas faixas etárias mais precoces, menor será a expectativa de vida observada no local. A base deste indicador são as perguntas do censo sobre o número de filhos nascidos vivos e o número de filhos ainda vivos na data em que o censo foi feito. A partir desses dados são calculadas as proporções de óbitos e é aplicada uma equação que transforma essas probabilidades em tábuas de vida, de onde é extraída a esperança de vida ao nascer. Para transformar esse número de anos em índice, é usado como parâmetro máximo de longevidade 85 anos, e como parâmetro mínimo, 25 anos.

**a.3) Renda:** O índice utilizado para a avaliação da renda é a renda municipal *per capita*, ou seja, a renda média de cada residente no município. Este índice é obtido com informações retiradas do questionário expandido do censo, um questionário mais detalhado do que o universal e que é aplicado a uma amostra dos domicílios visitados pelos recensadores. Os dados obtidos deste questionário são expandidos para o total da população municipal e utilizados no cálculo da dimensão renda do IDH-M.

Em função da indisponibilidade de dados para a aplicação do IDH-M para cada setor censitário, uma vez que foi utilizado o resultado do questionário universal do censo que não contempla todas as informações necessárias para a composição do índice, foram efetuadas adaptações para as fórmulas de cálculo, preservando-se as três dimensões originais.

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano Adaptado

$$IDH = \frac{IDH - E + IDH - L + IDH - R}{3}$$

Onde:

IDH-E = dimensão educação;

IDH-L = dimensão longevidade;

IDH-R = dimensão renda.

**a) Cálculo do IDH-E:**

$$IDH - E = \frac{\text{pessoas com mais de 15 anos alfabetizadas}}{\text{pessoas com mais de 15 anos}}$$

O IDH-E passa a ser a própria *taxa de alfabetização* que resulta da divisão do número de pessoas residentes no setor com mais de 15 anos de idade alfabetizados pelo número total de pessoas com mais de 15 anos de idade residentes no setor.

**b) Cálculo do IDH-L:**

$$IDH - L = \frac{IDHM - L * 2 + FPI * 1}{3}$$

Onde:

IDH-L = Índice de desenvolvimento humano do setor censitário - dimensão longevidade.

IDHM-L = Índice de desenvolvimento humano municipal - dimensão longevidade.

FPI = Fator de população idosa.

Esta metodologia considera de forma diferenciada os setores censitários onde parcelas da população acima de um por cento ultrapassam a idade denominada esperança de vida ao nascer, da mesma forma aqueles setores onde as faixas etárias não atingem este índice ou o superam. Desta forma o FPI contribui no cálculo do IDH-L com os valores que seguem:

Se o percentual de pessoas no setor com idade superior à esperança de vida ao nascer para o município não atinge 1% o FPI não é considerado no cálculo e o IDHL= IDHM-L;

Se o percentual de pessoas no setor com idade superior à esperança de vida ao nascer para o município é superior a 1% mas não ultrapassa os 5% o FPI assume o valor 0,9;

Se o percentual de pessoas no setor com idade superior à esperança de vida ao nascer para o município é superior a 5%, o FPI = 1,0.

### c) Cálculo do IDH-R:

$$IDH - R = \frac{(\log \text{renda media per capita rdpp}) - (\log \text{valor referência mínimo})}{(\log \text{valor referência máximo}) - (\log \text{valor referência mínimo})}$$

Onde:

rdpp = responsáveis por domicílios particulares permanentes.

De acordo com os dados disponibilizados pelo IBGE, será utilizada a renda média *per capita* dos responsáveis por domicílios particulares permanentes que é o resultado da renda total dos responsáveis pelos domicílios particulares permanentes no setor censitário dividida pelo número de responsáveis por domicílios particulares permanentes. Considera-se este valor representativo em nível de setor censitário.

Sendo:

Valor de referência máximo = R\$ 1.560,17;

Valor de referência mínimo = R\$ 3,90.

Os valores de referência mínimo e máximo são os adotados nos relatórios internacionais do PNUD (US\$ PPC\* 40.000,00 e US\$ PPC\* 100,00), em valores mensais expressos em reais pela cotação do dia 1 de agosto de 2000.

(\*) PPC = Paridade do Poder de Compra.

98

#### **b) ISA – Índice de Saneamento Ambiental**

O cálculo do ISA envolve dados de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Seu objetivo é avaliar este aspecto da condição de vida da população urbana da bacia também como um fator de risco potencial à qualidade da água, pois sabe-se que em locais com deficiência de infraestrutura, mais notadamente na área de saneamento, os riscos de degradação ao meio ambiente aumentam pelo lançamento inadequado de esgotos ou resíduos sólidos e pela proliferação de vetores.

Os dados foram extraídos do resultado do questionário universal do censo de 2000 do IBGE através do *software* de visualização ESTATCART para uma planilha EXCEL onde o cálculo foi efetuado. A fórmula geral de cálculo é a seguinte:

$$ISA = \frac{IAA + IES + ICL}{3}$$

Onde:

**IAA** = Índice de Abastecimento de Água

**IES** = Índice de Esgotamento Sanitário

**ICL** = Índice de Coleta de Lixo

**b.1) Índice de Abastecimento de Água – IAA**

$$IAA = \frac{dpp \text{ abastecidos rede geral}}{dpp}$$

Onde:

dpp = domicílios particulares permanentes.

Este índice considera positivamente os domicílios abastecidos pela rede pública em detrimento daqueles que se abastecem de fontes alternativas, considerando que em áreas urbanizadas o abastecimento por fontes alternativas, em sua maioria poços escavados ou profundos, não oferece segurança do ponto de vista de contaminação ou qualidade físico-química da água para consumo humano. A água está intimamente ligada à questão da saúde pública pois a maior parte das doenças de veiculação hídrica poderia ser evitada com adequadas condições de saneamento, especialmente no que tange ao abastecimento de água. É importante considerar também que a perfuração de poços sem orientação técnica adequada pode causar contaminação do lençol freático que pode afetar a qualidade da água superficial.

## b.2) Índice de Esgotamento Sanitário - IES

$$IES = \frac{dpp \text{ esgoto coletado ou tratado}}{dpp \text{ com sanitário}} * FM$$

Onde:

dpp = domicílios particulares permanentes;

FM = fator de minoração.

Este índice considera como um aspecto positivo ao ambiente os domicílios que possuem esgoto coletado ou com qualquer forma de tratamento, inclusive rudimentar, e a estimativa é efetuada no universo dos domicílios que possuem banheiro ou sanitário.

O fator de minoração tem o objetivo de tornar mais evidente a questão do lançamento direto de esgotos nos cursos de água ou no solo, tendo em vista a relevância desta prática como fator de risco à qualidade da água, sobretudo em bacias hidrográficas em áreas urbanas onde este tipo de fonte poluidora de característica difusa é bastante representativa e de difícil mapeamento e controle.

100

Este fator de minoração pode assumir os seguintes valores:

- **1,0** se o percentual de lançamentos diretos de esgotos não ultrapassar 10% dos domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário no setor;

- **0,8** se o percentual de lançamentos diretos de esgotos for maior que 10% e menor ou igual a 20% dos domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário no setor;

- **0,6** se o percentual de lançamentos diretos de esgotos for maior que 20% e menor ou igual a 50% dos domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário;

- **0,5** se o percentual de lançamentos diretos de esgotos for maior que 50% dos domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário.

### **b.3) Índice de Coleta de Lixo – ICL**

$$ICL = \frac{dpp \text{ com coleta de lixo}}{dpp}$$

Onde:

dpp = domicílios particulares permanentes.

Em áreas sem coleta de lixo é comum a deposição de resíduos em locais impróprios como terrenos baldios, formando os tradicionais lixões, ou às margens ou dentro do próprio arroio. Este índice considera de forma positiva os domicílios que possuem coleta de lixo supondo que os resíduos serão corretamente acondicionados e encaminhados para a coleta pelos serviços de limpeza urbana.

101

## **6.4 CRUZAMENTOS DOS DADOS**

Para realização dos cruzamentos dos dados foi adotada a técnica conhecida como álgebra de mapas. Essa técnica constitui em conjunto de procedimentos de análise espacial em Geoprocessamento que produz novos dados, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas. Esta visão concebe a análise espacial como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, em analogia aos ambientes de álgebra e estatística tradicional. Os mapas são tratados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre estas variáveis são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa.

Para executar tal procedimento foi adotada a linguagem de programação baseada nos modelos de dados do SPRING, a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), que atua sobre as representações de dados dos modelos numéricos representados pelas grades retangulares, por modelos de imagens, temáticos, cadastrais e por modelos do tipo objeto. Uma programação em LEGAL consiste de uma seqüência de operações descritas por sentenças não ambíguas e organizadas segundo regras gramaticais, envolvendo operadores, funções e dados espaciais, categorizados segundo o modelo de dados do SPRING. Uma programação em LEGAL é constituída por uma lista de sentenças que descreve um procedimento, ou conjunto de ações sobre os dados espaciais.

As declarações definem variáveis que serão associadas aos dados fornecidos ou produzidos num programa. Nas **instanciações**, variáveis são efetivamente associadas aos planos de informação (*layers*), objetos, mapas cadastrais ou tabelas de transformação. As **operações** correspondem à aplicação de um ou mais operadores ou funções sobre variáveis declaradas e instanciadas previamente, e os **comandos de controle** permitem o controle do fluxo de processamento de um programa em LEGAL.

Na tabela 10 encontra-se a listagem dos cruzamentos que foram realizados com base na álgebra de mapas, com os seus respectivos mapas resultantes. No ANEXO – C encontra-se os algoritmos dos respectivos cruzamentos.

**TABELA 10** – Cruzamentos realizados com base na álgebra de mapas e seus respectivos resultados.

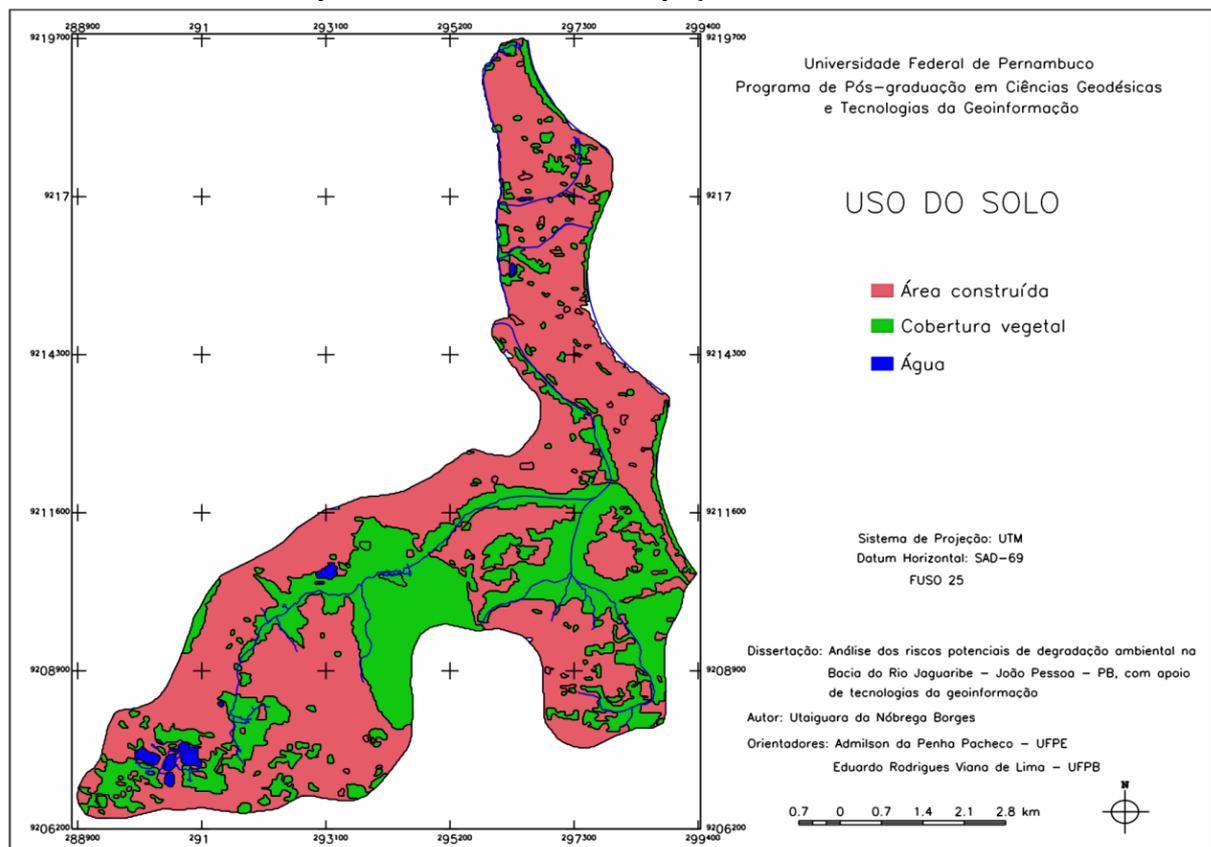
<b>CRUZAMENTO</b>	<b>RESULTADO</b>
<b>APP x Área Urbanizada</b>	Conflito de Uso
<b>Declividade x Área Urbanizada</b>	Áreas de Risco I
<b>ISA + IDH</b>	Risco Sócio-Ambiental
<b>Geotecnia x Área Urbanizada</b>	Áreas de Riscos II
<b>Materiais Inconsolidados + Movimentos de Massa + Potencial a Erosão</b>	Riscos Geotécnicos
<b>Áreas de Riscos</b>	Risco Potencial

## **7 - RESULTADOS**

### 7.1 IMAGEM CLASSIFICADA

Como resultado da segmentação e classificação da imagem CBERS foi gerado o mapa temático do uso e ocupação do solo de toda a área da bacia hidrográfica figura 13.

**FIGURA 13** – Mapa temático de uso e ocupação do solo.



103

No processo de aplicação segmentação da imagem foram definidos os seguintes parâmetros para posteriormente aplicar a classificação supervisionada:

**Número de Classes:** 03;

**Similaridade:** 25;

**Área em *pixel*:** 10;

**Método:** Crescimento por Regiões.

## 7.2 MAPAS TEMÁTICOS

Com os resultados dos mapas vetorizados foi gerado uma série de temas que formaram a base de dados do meio físico e social da área de estudo. Vale salientar que os temas aqui elaborados estão direcionados para atender os interesses do objetivo do trabalho, a análise dos riscos potenciais de degradação ambiental da bacia. Foram levados em consideração os mapas geotécnicos e os indicadores sociais do censo de 2000. Segue abaixo a listagem das temáticas e os respectivos mapas.

- APP's (Áreas de Proteção Permanente) (Figura 14);
- Curvas de Nível (Figura 15);
- Declividade (Figura 16);
- Setores Censitários (Figura 17);
- IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) (Figura 18);
- ISA (Índice de Salubridade) (Figura 19);
- Materiais Inconsolidados (Figura 20);
- Movimentos de Massa (Figura 21);
- Potencial à Erosão (Figura 22).

FIGURA 14 - Mapa das Áreas de Preservação Permanente (APP's).

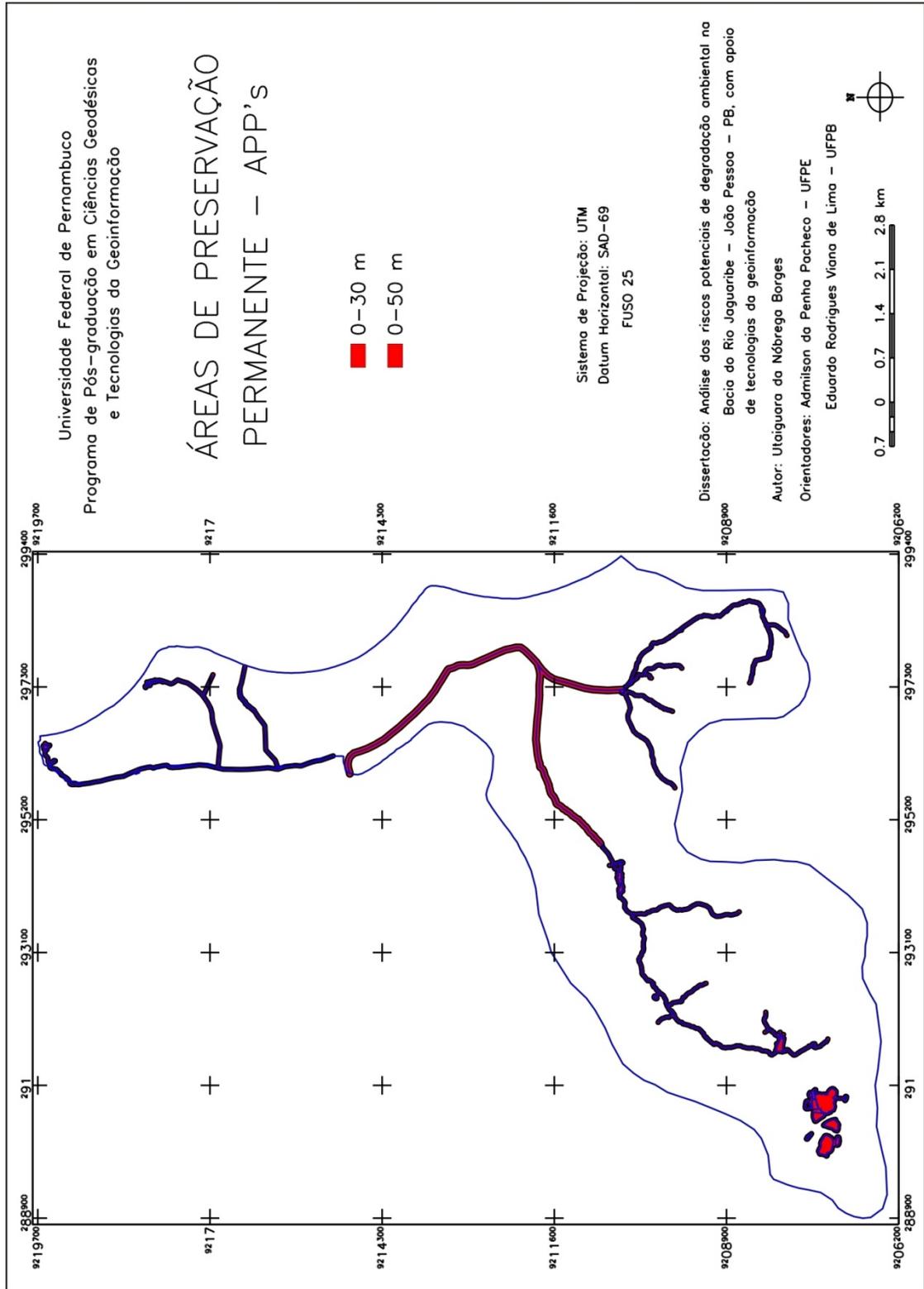


FIGURA 15 - Mapa das Curvas de Nível.

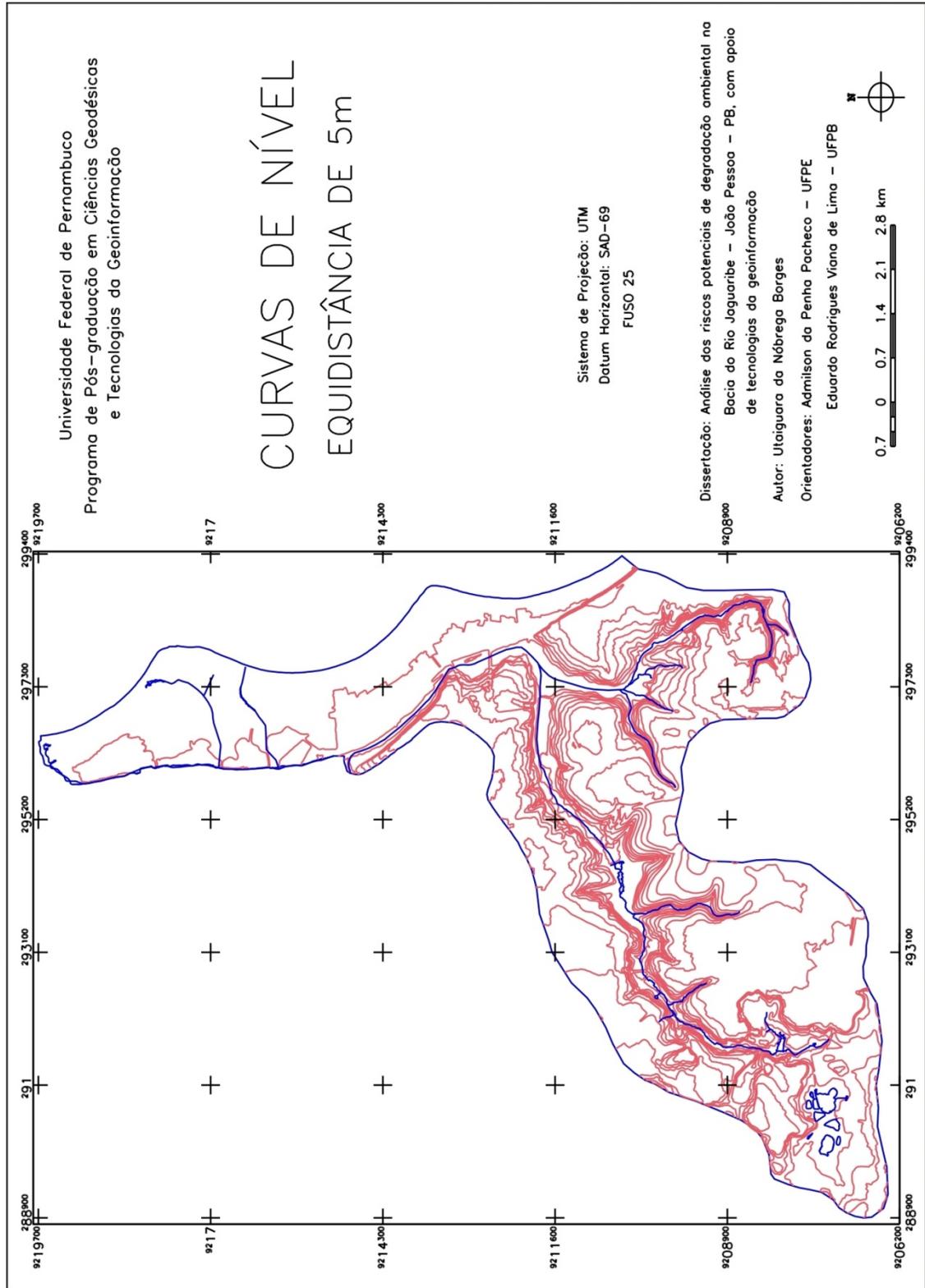




FIGURA 16 - Mapa de Declividade.

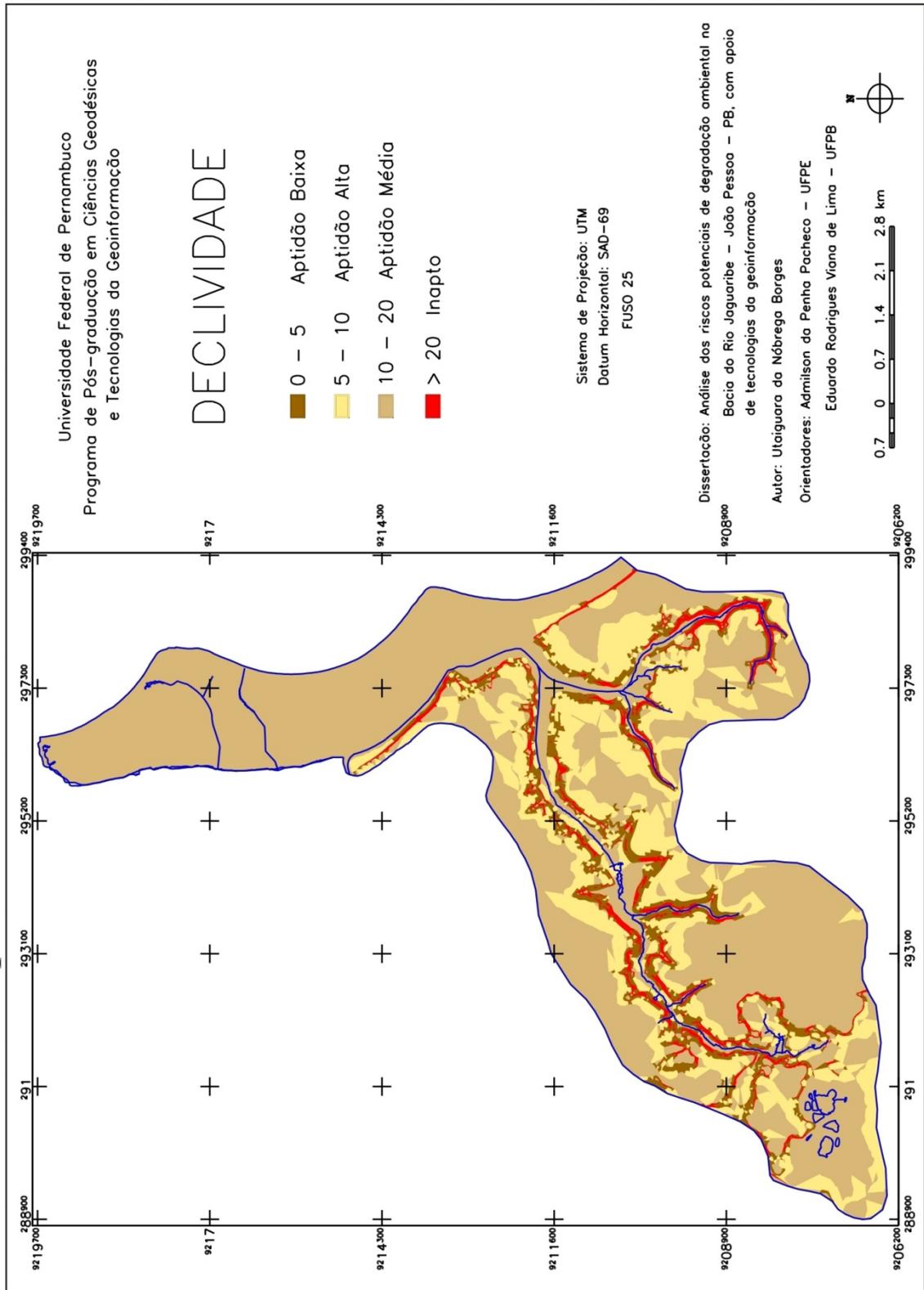


FIGURA 17 - Mapa dos Setores Censitários.

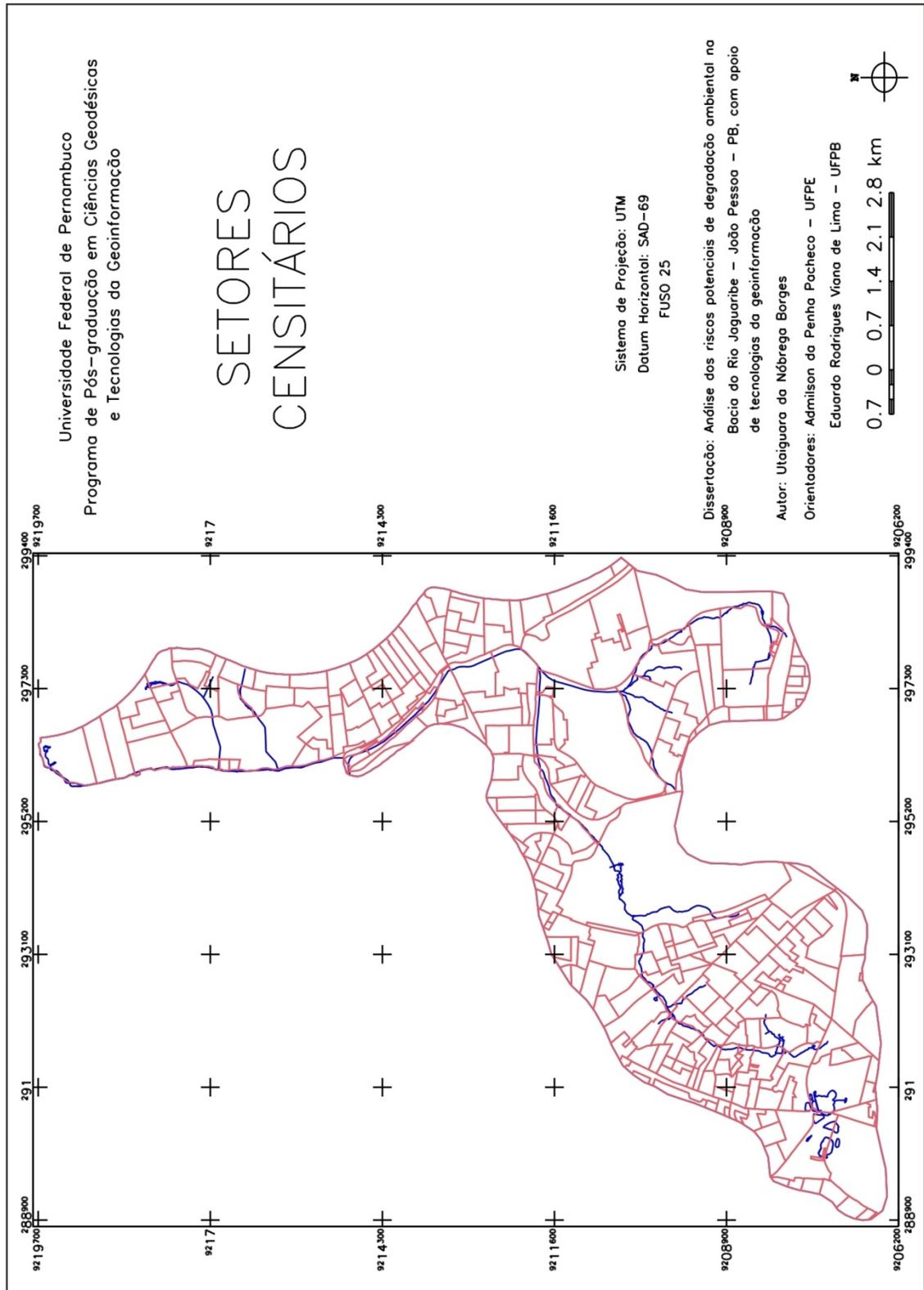


FIGURA 18 - Mapa de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

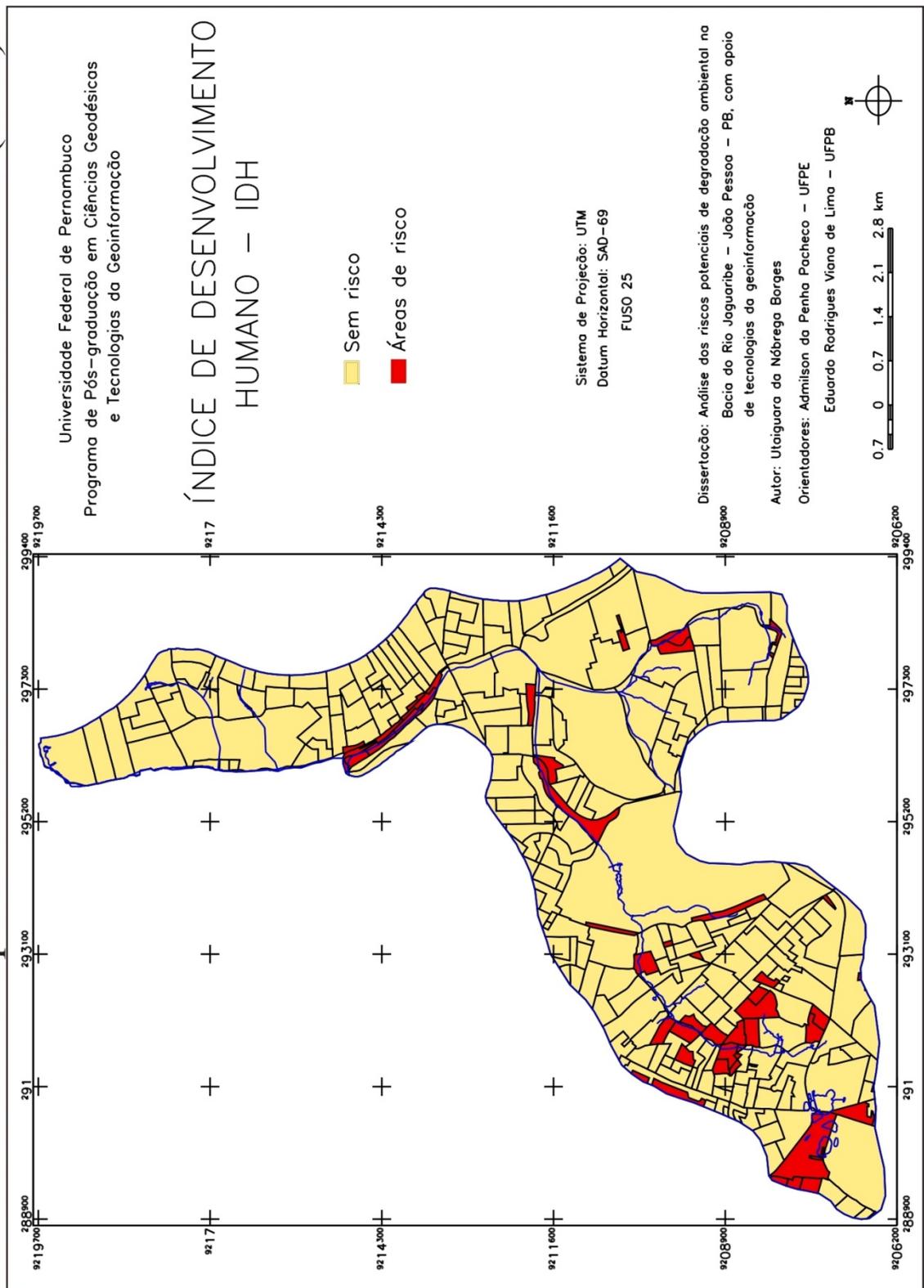


FIGURA 19 - Mapa de Índice de Saneamento Ambiental (ISA).

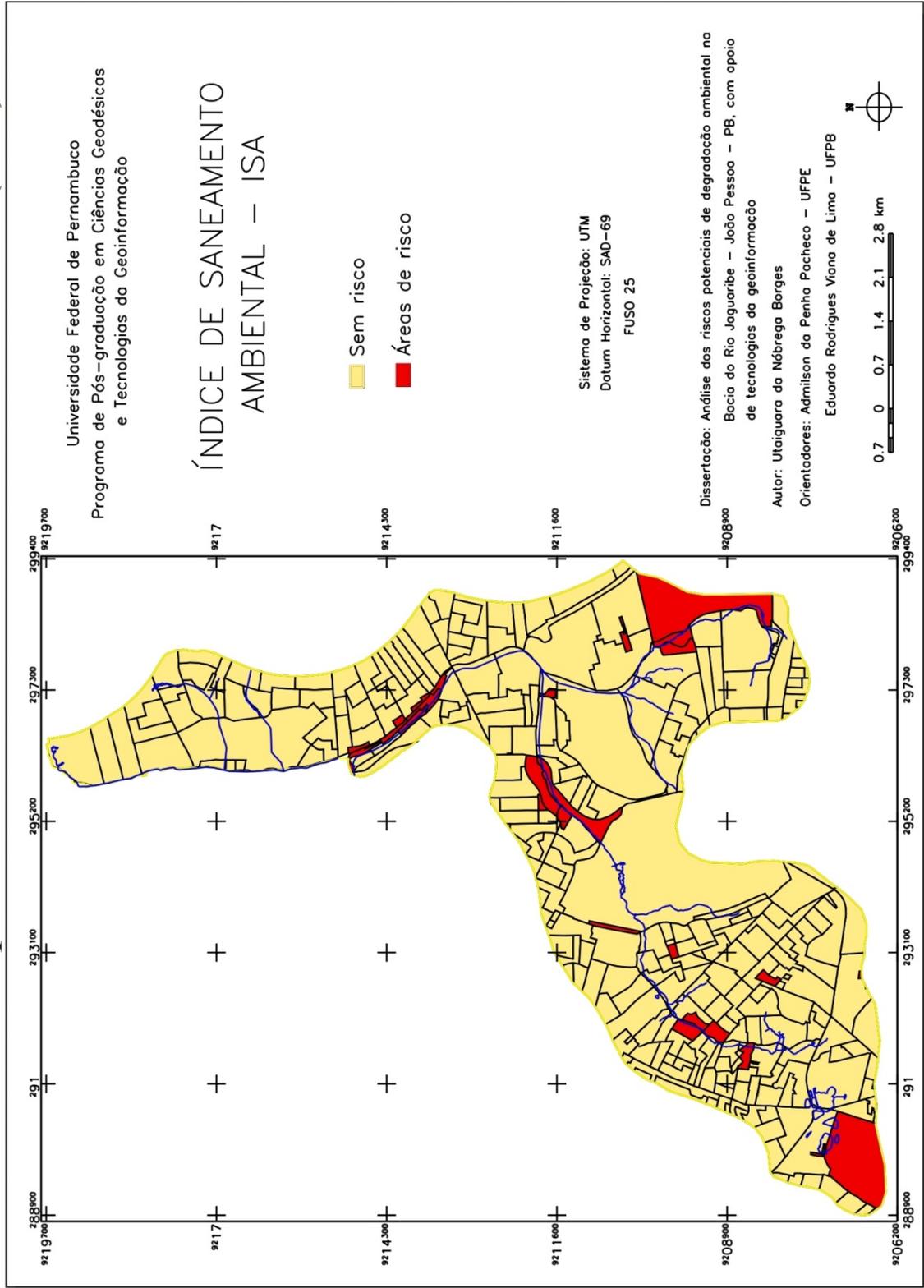


FIGURA 20 - Mapa de Materiais Inconsolidados.

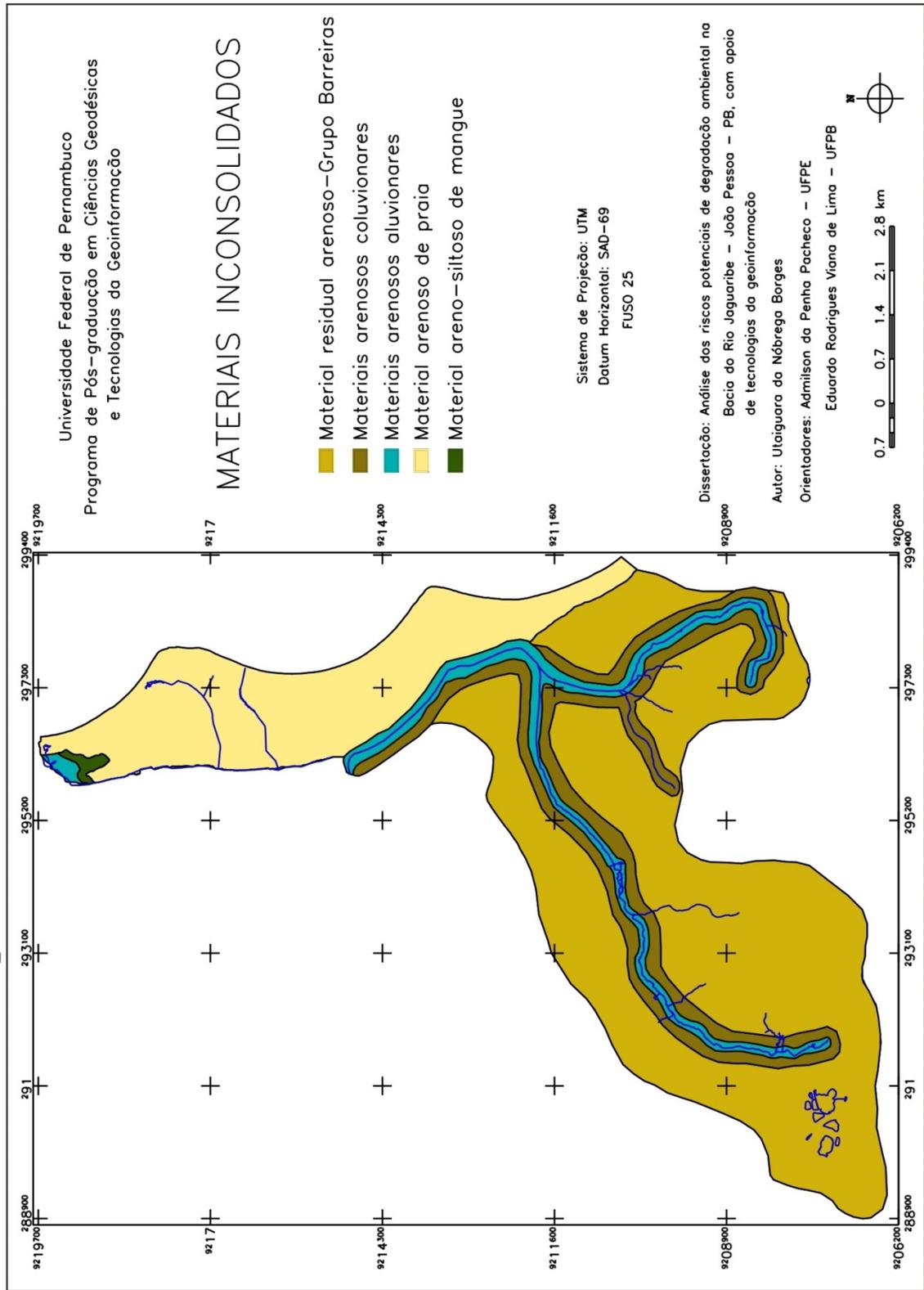


FIGURA 21 - Mapa de Movimentos de Massa.

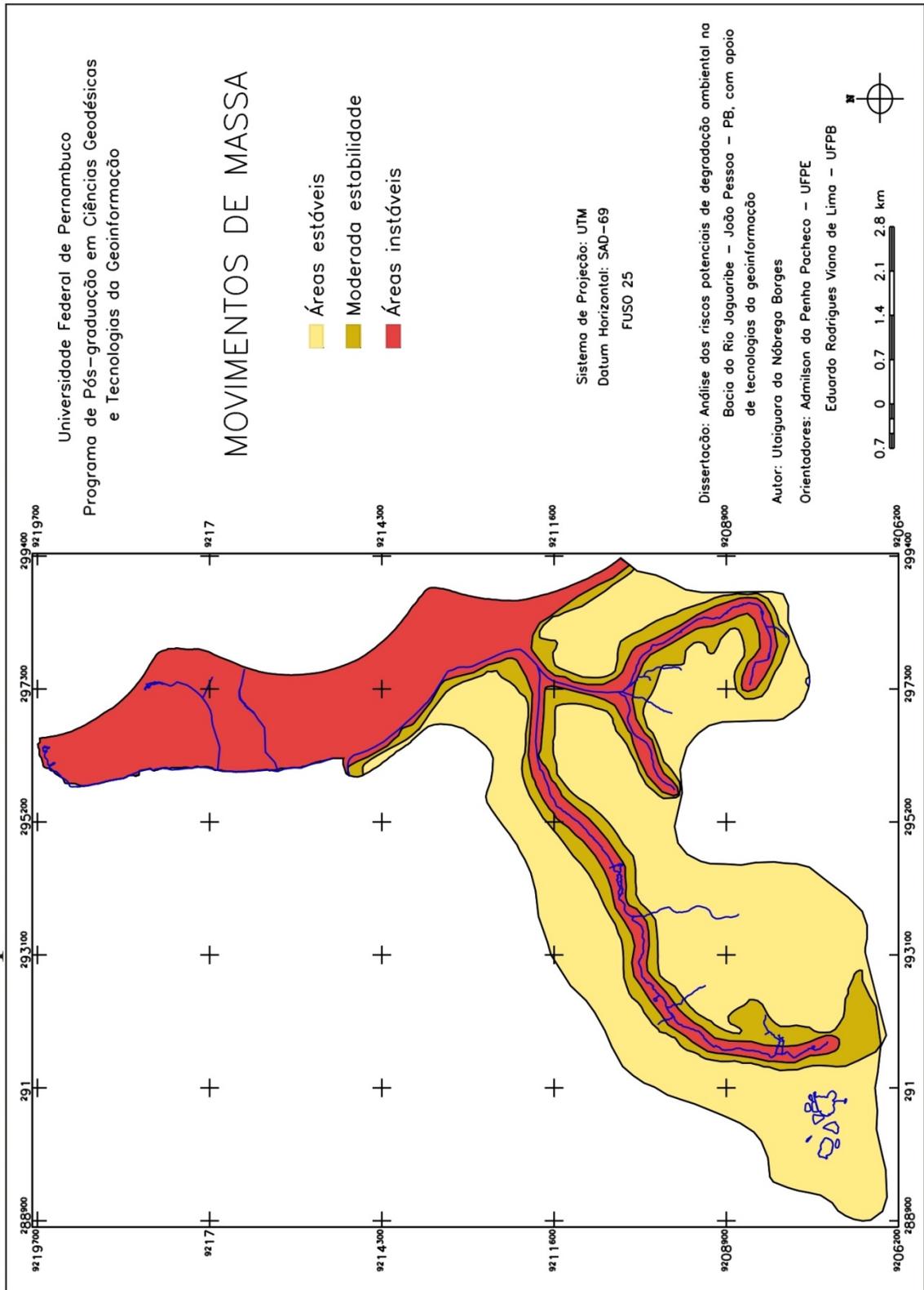
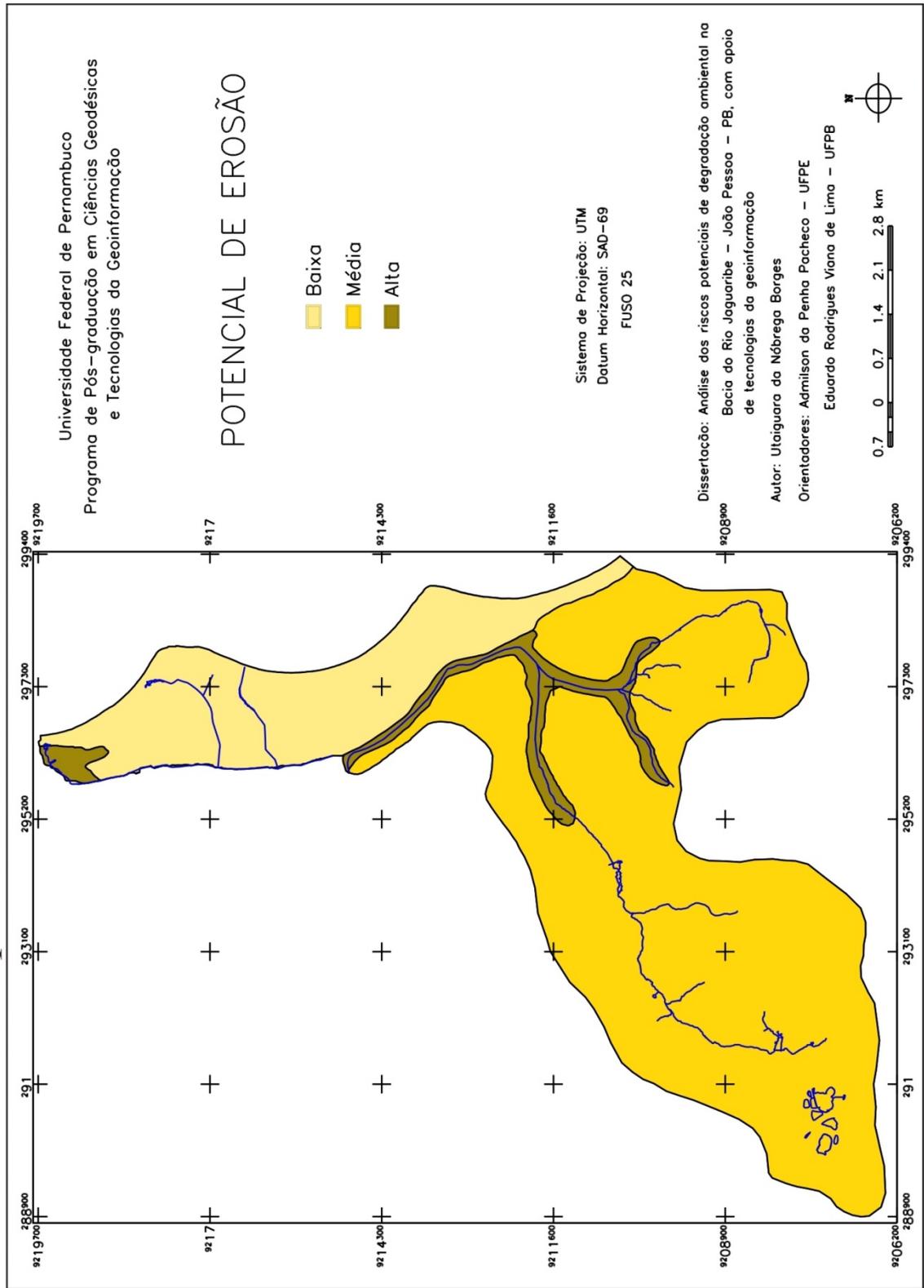


FIGURA 22 - Mapa de Potencial de Erosão.



## **7.3 ANÁLISE DOS CRUZAMENTOS**

### *7.3.1 Conflito de Uso (APP x Área Urbanizada)*

O resultado das operações de análise espacial referentes a identificação de áreas de conflito de uso, ou seja, áreas de preservação permanente irregularmente ocupadas, apresentou os seguintes valores:

- Áreas de preservação permanente: 3,03 km<sup>2</sup>;
- Áreas de conflito de uso: 0,91 km<sup>2</sup>;
- Percentual de áreas irregularmente ocupadas em relação ao total de áreas de preservação permanente: em torno de 30,03 %.

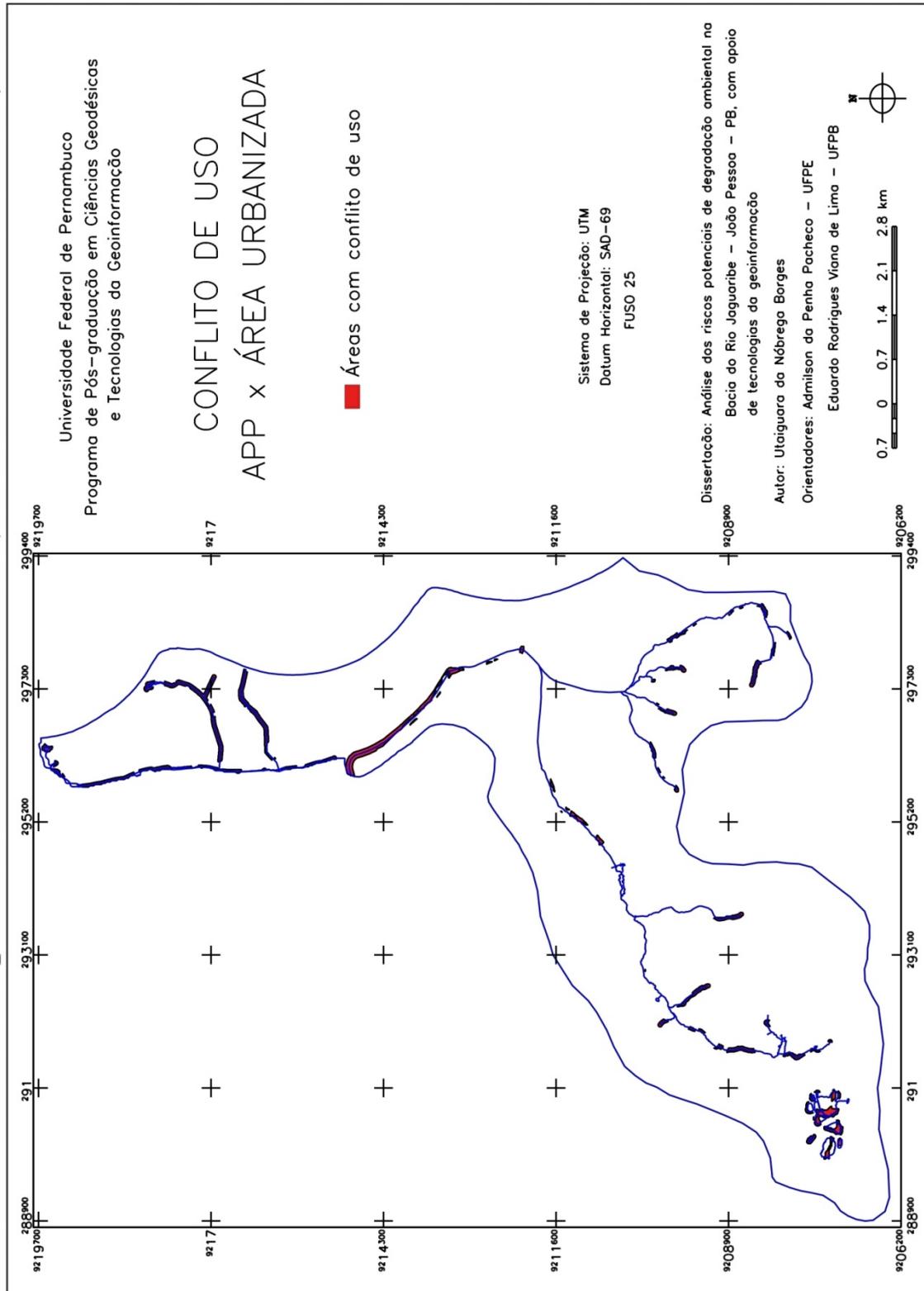
As áreas de conflito de uso identificadas distribuem-se ao longo de toda a bacia. Estas áreas referem-se principalmente às faixas de 30 m e 50m nas margens dos rios destinadas a manutenção da mata ciliar e ao redor dos lagos.

A ocupação das áreas de nascentes, o que é altamente comprometedor do ponto de vista ambiental e especificamente na questão de qualidade da água. No mapa gerado (APP x Área Urbanizada) observa-se que grande parte apresenta conflito de uso com relação as áreas de preservação permanente.

Percebe-se ainda algumas áreas isoladas na região onde encontram-se as falésias mortas que são aquelas com declividades superiores a 45%, contudo a maioria das áreas de conflito de uso identificadas estão situadas às margens dos cursos de água.

A espacialização dessas informações pode ser observada no mapa de conflito de uso na figura 23.

FIGURA 23 - Mapa de Conflito de Uso (APP x Área Urbanizada).



### *7.3.2 Áreas de Risco I (Declividade x Área Urbanizada)*

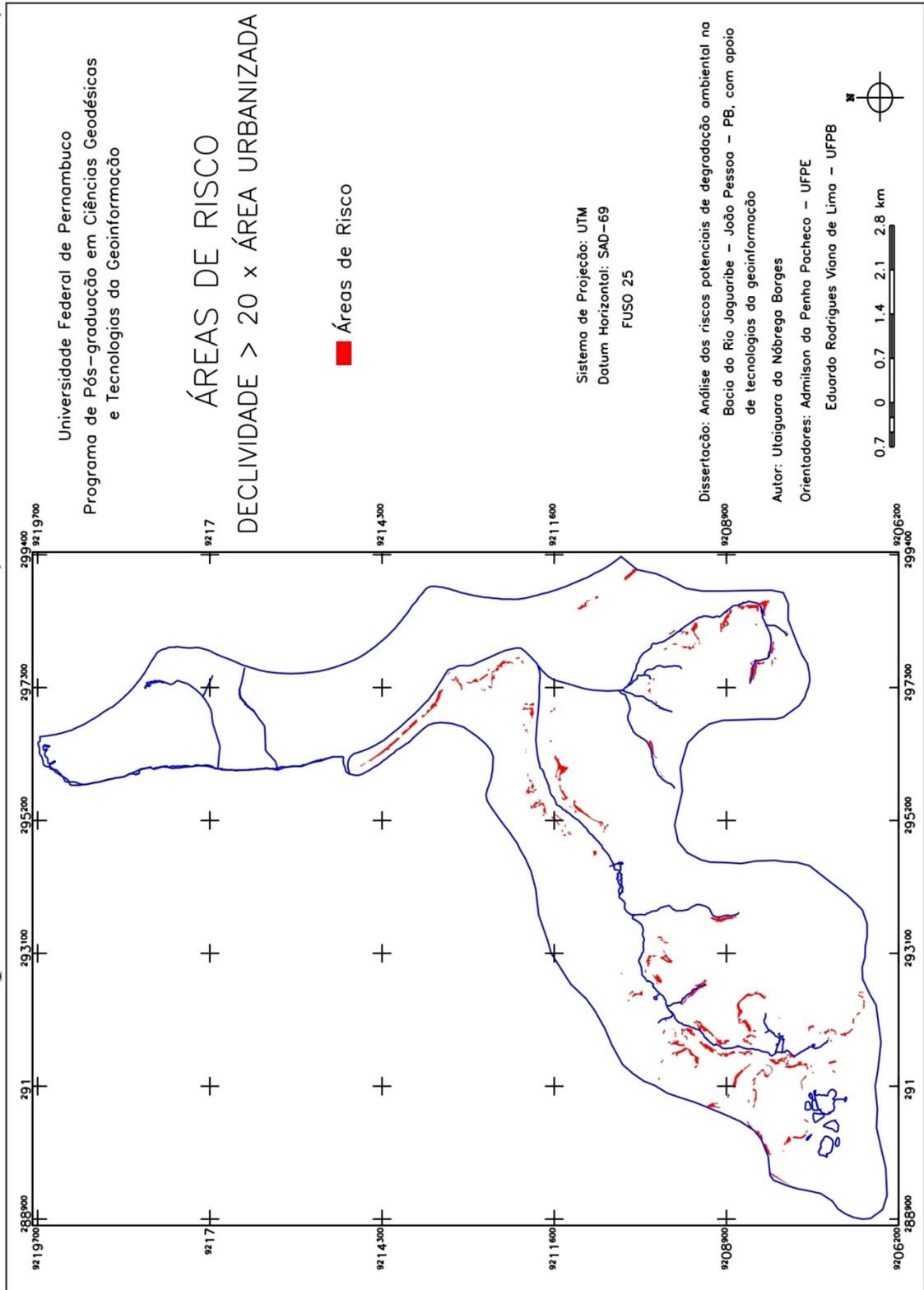
A Declividade expressa a medida de inclinação do relevo com relação ao plano horizontal do terreno, portanto tal atributo é de grande importância para a análise das limitações do meio físico decorrente das variadas formas de ocupação.

O relevo da área da bacia é caracterizado por áreas de planícies costeiras, onde predomina as superfícies horizontais ou pouco inclinadas, com declividades inferiores a 5% e os terrenos representados pelos Tabuleiros do Terciários que apresentam altitudes na ordem de 50m.

Procurando analisar as áreas de riscos decorrentes do processo de ocupação desordenada em áreas impróprias para habitação, foi gerado o mapa de Áreas de Risco I (Figura 24) com o objetivo de analisar as áreas com declividade superior a 20%, que estão sendo ocupadas de forma irregular.

Através da avaliação desse material cartográfico foi possível constatar que 0,72 km<sup>2</sup> da bacia, ou seja, 1,49%, encontra-se ocupada em áreas classificadas como inadequadas para este tipo de uso, de acordo com os critérios adotados inicialmente.

FIGURA 24 - Mapa de Áreas de Risco I (Declividade x Área Urbanizada).



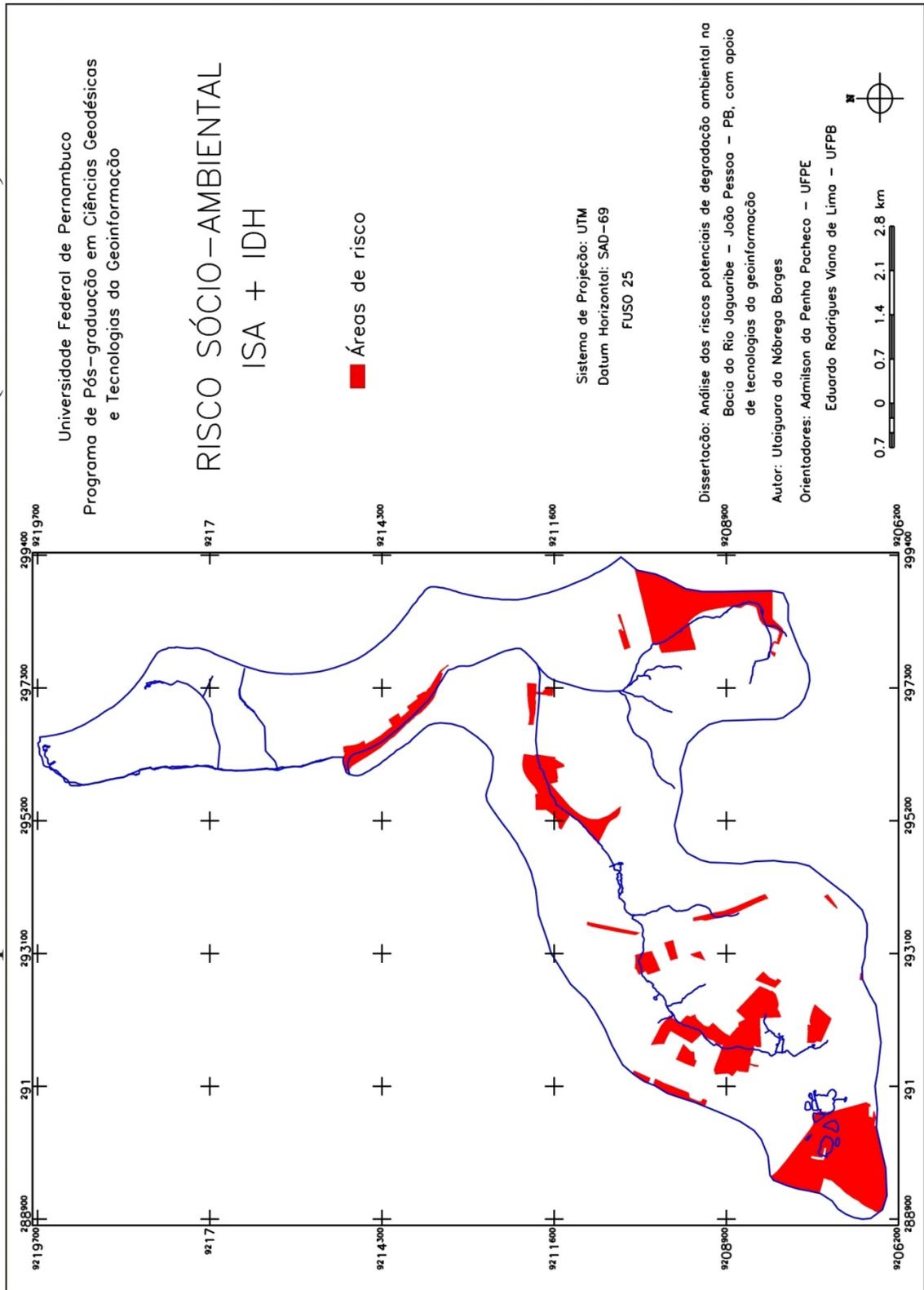
### *7.3.3 Risco Sócio-Ambiental (ISA + IDH)*

O índice de desenvolvimento humano é aplicado tomando como base o número de habitantes por setor censitário. Observando a figura 18 podemos constatar que as áreas de risco com relação ao IDH encontra-se nas áreas onde predomina a população de baixa renda, na sua grande maioria população pertencentes às comunidades subnormais.

O cálculo do índice de saneamento ambiental é efetuado tomando por base o número de domicílios particulares permanentes por setor censitário, a partir desse valor são consideradas as condições mínimas com relação ao saneamento: situação do abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Com relação ao mapa da figura 19 observa-se que as áreas que oferecem riscos ambientais encontram-se, assim como o IDH, nas áreas de população de baixa renda mais especificamente nas populações dos aglomerados subnormais.

Com o objetivo de fazer uma análise mais acurada dos riscos potenciais, com relação aos indicadores supracitados, foi gerado o mapa de Risco Sócio-Ambiental com a aplicação da álgebra de mapas. Foi realizado o cruzamento dos planos de informações do IDH + ISA tendo como resultado o mapa da figura 25. Esse mapa apresenta a síntese dos indicadores analisados anteriormente mostrando as áreas onde predominam os riscos sócio-ambientais na bacia hidrográfica. O total da área que oferece risco potencial com relação a esses indicadores é de 5,94 Km<sup>2</sup> correspondendo, com relação a área total da bacia de 48,25 Km<sup>2</sup>, um percentual de 12,31.

FIGURA 25 - Mapa de Risco Sócio-Ambiental (ISA + IDH).



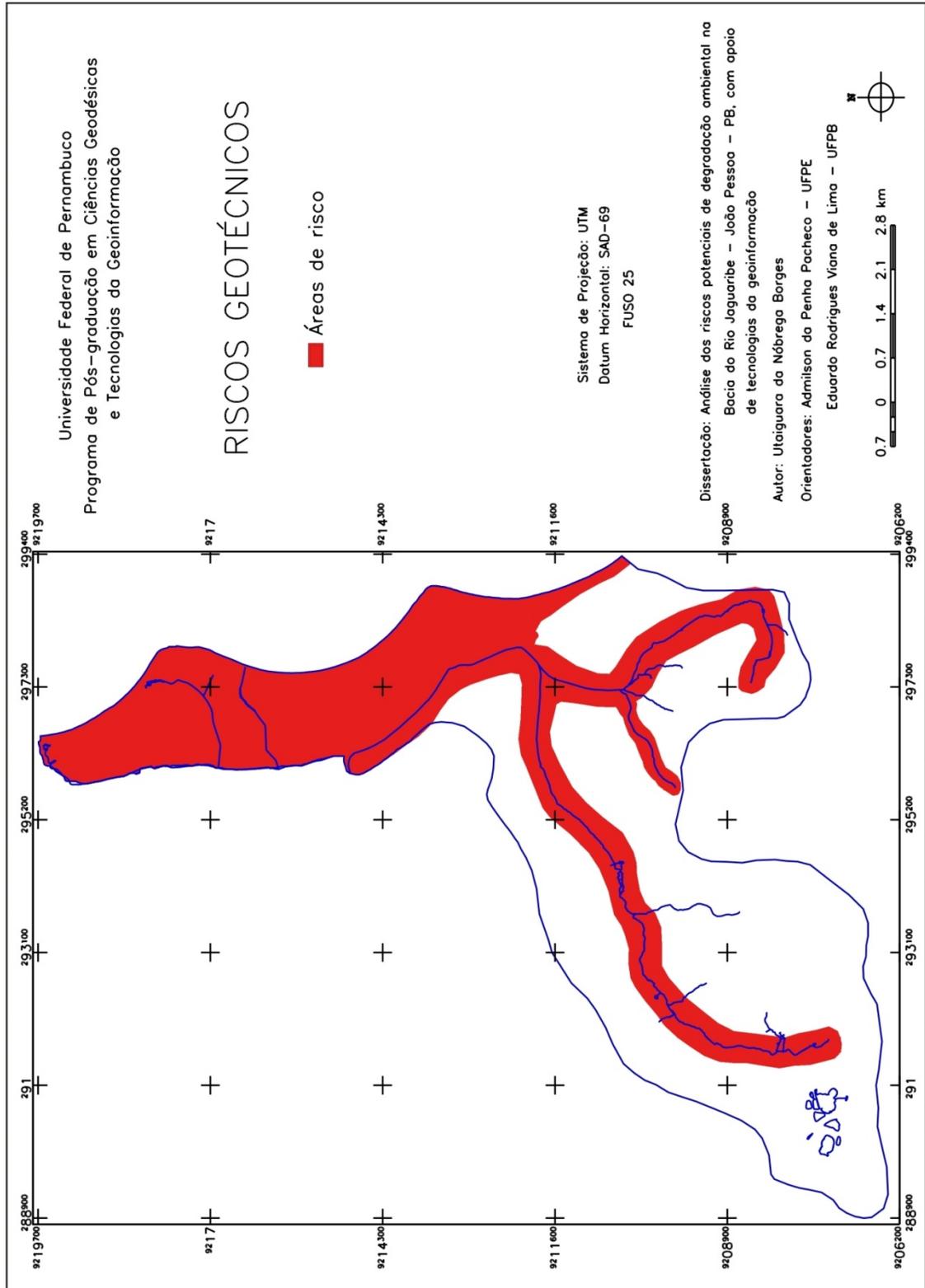
#### *7.3.4 Riscos Geotécnicos*

Os mapas geotécnicos contribuem para o entendimento dos comportamentos e transformações do meio físico provocadas pela ocupação humana desordenada, e busca estabelecer o equacionamento e a resolução dos problemas sociais e ambientais decorrentes da inter-relação entre a urbanização e o meio físico. Com os mapas geotécnicos torna-se possível organizar o processo de ocupação urbana no que diz respeito as áreas que são propícias para urbanização. Procurando avaliar as áreas de riscos potenciais na bacia hidrográfica foi elaborado o material com os dados Geotécnicos (figura 26), levando em consideração os temas: Materiais Inconsolidados, Movimentos de Massa e Potencial à Erosão. Esses temas são de grande valia uma vez que evidenciam as áreas de terrenos instáveis para ocupação.

Analisando o mapa observa-se que as áreas que apresentam riscos de ocupação estão localizadas ao longo da planície de inundação do rio, áreas estas bastante ocupadas por populações de baixa renda, e toda parte da planície costeira que está inserida no contexto da bacia, área onde predomina populações de renda média e alta.

A área que oferecem risco potencial com relação à geotecnia da área é de 20,23 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 41,93% da área total da bacia.

FIGURA 26 - Mapa de Riscos Geotécnicos.



### *7.3.5 Áreas de Riscos II (Riscos Geotécnicos x Área Urbanizada)*

Procurando identificar as áreas onde estão localizadas as populações que realmente estão ocupando áreas de risco geotécnica, foi gerado o segundo mapa de áreas de risco (figura 27 ) com o cruzamento dos mapas de risco geotécnico e área urbanizada.

Como pode-se observar no mapa as áreas que estão sendo ocupadas pela população estão, na sua grande maioria, na planície costeira, e a menor parte ao longo da planície de inundação do rio Jaguaribe. Essas áreas correspondem a 12,46 Km<sup>2</sup>, ou seja, 25,82% do total da bacia.



### *7.3.6 Risco Potencial*

O mapeamento das áreas de risco potencial no âmbito da bacia apresentado na figura 28, foi gerado considerando todos os mapas anteriormente mencionados (Conflito de Uso; Áreas de Risco I e II; Risco Sócio-Ambiental e Riscos Geotécnicos). A produção desse material teve como objetivo sintetizar, em um único documento cartográfico, as áreas que oferecem riscos potenciais para população e os recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Como foi mencionada anteriormente a área da bacia é de 48,25 Km<sup>2</sup>. A área total de risco potencial da bacia é de 17,57 Km<sup>2</sup>, ou seja, corresponde a 36,41% do total.

Ao analisar o mapa de risco potencial pode-se observar que as áreas que oferecem riscos da bacia estão localizadas na planície costeira, ao longo da planície de inundação, nas áreas de falésias mortas e nas nascentes dos rios.



## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os métodos propostos neste trabalho para a avaliação dos riscos potenciais de degradação ambiental na Bacia do Rio Jaguaribe, João Pessoa – PB, mostraram-se ricos em possibilidades e adequados para utilização em bacias hidrográficas situadas em áreas urbanas, sobretudo quando não se dispõe de dados em quantidade e qualidade suficientes para conferir consistência a estudos mais aprofundados. Todas as avaliações foram efetuadas com informações extraídas da cartografia de fácil acesso, de uma imagem orbital de custo zero e de dados do Censo Demográfico 2000. Os dados foram convenientemente organizados em planos de informação e incorporados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) gratuito, o que possibilitou o cruzamento das informações obtendo importantes indicativos de risco e demonstrando o potencial das técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto quando utilizadas de forma integrada.

Os programas computacionais e as imagens de satélite gratuitas e de domínio público, demonstraram ser eficientes para obtenção dos resultados pretendidos neste trabalho. Isso demonstra que vários estudos podem ser realizados em bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas sem a necessidade de programas, equipamentos e imagens aéreas ou orbitais de alto custo. Com essa pesquisa foi possível executar uma aplicação real dos produtos de Sensoriamento Remoto e SIG disponibilizados gratuitamente, demonstrando uma redução significativa no custo da execução de projetos.

De uma forma geral foi possível identificar a eficiência do SPRING no que diz respeito ao processamento dos dados geográficos. Esse sistema deixa a desejar apenas no que diz respeito a sua manipulação por usuários que tenham pouca experiência com o manuseio de sistemas de informações geográficas.

Com relação às imagens CBERS, foi possível verificar que as mesmas favorecem o estudo de bacias em áreas urbanas. Essas imagens se adequam perfeitamente à interpretação visual e a classificação automática, apresentando

poucas restrições para a geração de mapas temáticos de uso e ocupação do solo. O único agravante foi a não disponibilização de imagens com datas atualizadas. Entretanto, em função dos resultados, recomenda-se o uso dessas imagens para o estudo de bacias hidrográficas intra-urbanas.

Com a digitalização da base cartográfica via tela do computador, pôde-se ter em formato digital todos os mapas temáticos necessários para cobrir toda a área de estudo. Esta etapa mostrou-se ser a mais trabalhosa e demorada, por exigir uma série de cuidados durante o processo de escanerização dos documentos, com o intuito de gerar arquivos de boa qualidade.

Um outro fato bastante salutar com relação a geração dos mapas temáticos e o processamento da imagem, diz respeito a incompatibilidade de sistemas e bases cartográficas. Foi verificada a incompatibilidade da base cartográfica com a imagem de satélite, uma vez que não houve uma sobreposição correta dos dados. Esse processo de compatibilização geodésica é de grande importância uma vez que no desenvolvimento de um sistema para análise de dados geográficos, todas as bases devem se sobrepor com o objetivo de formar um conjunto de temas com alta correlação espacial.

No que dizem respeito aos dados do IBGE, os mesmos mostraram-se ser bastante úteis no que concerne ao acesso e a qualidade dos dados, apresentando ótimos resultados na espacialização dos indicadores.

Com relação ao cenário da bacia hidrográfica, a mesma apresenta uma densidade ocupacional bastante elevada, uma grande concentração de áreas que oferecem riscos potenciais de degradação ambiental em todo o seu contexto.

Avaliando os resultados obtidos considera-se que o trabalho atingiu plenamente seus objetivos, demonstrando como as técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto podem auxiliar no diagnóstico de problemas ambientais, possibilitando formas de análise que forneçam resposta rápida e de baixo custo. O trabalho possibilita ainda a exploração de outras variáveis que podem influenciar na degradação da bacia como, por exemplo, o desenvolvimento de atividades produtivas, o mapeamento de áreas de equipamentos potencialmente poluidores ou

mesmo considerações a respeito da distribuição da vegetação na área da bacia. Este tipo de análise poderia ser empregado como aporte de ações de recuperação de áreas degradadas e como um indicativo da necessidade de implantação de equipamentos urbanos em áreas carentes dos municípios, melhorando a qualidade de vida da população e auxiliando na preservação dos recursos naturais.

## **9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADAMS, J. 1995. *Risk: the policy implications of risk compensation and plural rationalities*. London, UCL Press.

*Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar*. Organizadores: Sânia Maria Tauk-Tornisielo, Nivar Gobbi, Harold Gordom Fowler. 2ed. – São Paulo: Ed. da UnUNESP, 1995, 206p.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PARAÍBA. V.1 1996. João Pessoa, Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba – IDEME. Coordenadoria estatística. V. 28, 2000.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistema de Informação Geográficas: aplicações na agricultura*. Platina: EMBRAPA – CPAC, 1993, 274p.

130

ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DA PARAÍBA. Grafset: João Pessoa, 1985, 100p. Governo do Estado da Paraíba / Secretaria de Educação / Universidade Federal da Paraíba.

ATLAS DO ESTADO DA PARAÍBA: Informação para Gestão do Patrimônio natural. Maria de Luna Malheiros Feliciano e Ronaldo Benicio de Melo. 1ª Ed. João Pessoa; SEPLAN / IDEME. 2003, 60p.

AUGUSTO FILHO, O. ; CERRI, L.E.S; AMENOMORI, C.J. *Riscos Geológicos: aspectos conceituais*. In: ABGE, SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, São Paulo, Anais, 1990, p.334-341.

*Avaliação e Perícia Ambiental*. Organizadores: Sandra Baptista da Cunha, Antonio José Teixeira guerra. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 266p.

BARBOSA, M. P. *Sensoriamento Remoto – Módulo 3-B in Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas*. Módulo 3-B; ABEAS – Associação Brasileira de Educação Agrária; DEG/CCT/UFPB, Campina Grande – PB, 1998.

BARROS, M. A. *Sistemas de Informações Geográficas in Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas*. Módulo 7; ABEAS – Associação Brasileira de Educação Agrária; DEG/CCT/UFPB, Campina Grande – PB, 1998.

BATISTA L. V. *Processamento Digital de Imagem*. João Pessoa / UFPB, 2004, 60p.

BORGES, M. P.C. *Utilização de Sistema de Informação Geográficas na Análise Espacial de Dados Oficiais de Saúde Pública do Estado da Paraíba*. Dissertação de mestrado apresentada no mestrado em Engenharia Biomédica, CCS/UFPB, 2000, 153p.

CÂMARA, G. *Anatomia de Sistema de Informação Geográfica*. 2ª ed. UNICAMP, Curitiba: SAGRES, 1997, 200p.

CÂMARA, G.; BARBOSA, C. C. F.; DAVIS jr. C.; FONSECA, F. *Conceitos Básicos em Geoprocessamento*, Cap. 2, livro on-line, Geoprocessamento: teoria e aplicações, INPE, 1999.

CARDONA, O.D. *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo*. In: MASKREY, A. (org.) Los desastres no son naturales. Bogotá: La Red. Disponível em: <http://www.lared.org.pe/publicaciones/libros/2042/cap.htm>. 1993, Acesso em: 17 out. 2007.

CARDONA, O.D. 1996. *El manejo de riesgo y los preparativos para desastres: compromiso institucional para mejorar la calidad de vida*. In: MASKREY, A. (editor) Desastres: modelo para armar. Colección de piezas de un rompecabezas social. 1996 Disponível em: <http://www.lared.or.pe/Publicaciones/libros/3350/3350.htm>. ‘Acesso em: 17 out. 2007.

CARVALHO, F. A. F.; CARVALHO, M. G. F. *Vegetação*. In Atlas Geográfico do Estado da Paraíba, p. 44. Grafset: João Pessoa, 1985, Governo do Estado da Paraíba / Secretaria de Educação / Universidade Federal da Paraíba.

CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.; SANTOS, S. M. *Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde*. Brasília: Organização Panamericana da Saúde, Ministério da Saúde, 2000, 122p.

CHRISTOFOLETTI, A.; TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E. *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro: Ed. do Autor, 1992, 80p.

CHRISTOFOLETTI, A.; TEIXEIRA, A. L. A. *Sistemas de Informação Geográfica: dicionário ilustrado*. São Paulo: Hucitec, 1997, 244p.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 5ª ed., 2006, 250 p.

COUTO, J. C. V. *Ocupação em áreas de riscos na cidade de João Pessoa (O Caso da Comunidade São José)*. Pós-graduação do Prodema/Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Dissertação de Mestrado, 2005, 199 p

CROSTA, A. P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas, SP: IG./UNICAMP, 1992, 170p.

DUARTE, P. A. *Fundamentos de Cartografia* 2ed – Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2002, 208p.

EASTMAN, J. R. *IDRISI for Windows: introdução e exercícios tutoriais*. Versão Português. Porto Alegre: UFRGS, 1998, 240p.

EGLER, C. A. G. *Risco Ambiental como Critério de Gestão do Território. Território, 1: 3*, 1996, 1-41.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1999. CD-ROM.

FELGUEIRAS, C. A. *Modelagem Numérica do Terreno*. In Manual do SPRING. São José dos Campos, INPE, 1998.

FERREIRA, L. P. *Levantamento e classificação da Vegetação Nativa do Município de Patos – PB Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto*. Dissertação de Mestrado apresentada no Mestrado em Manejo de Solo e Água – CCA/UFPB, Areia, 2001, 91p.

FITZ, P. R. *Cartografia Básica*. Canoas: La Salle, 2005, 219p.

FLORENZANO, T. C. *Imagens de Satélite para Estudos Ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 97p.

GEMAEL, C. *Introdução ao ajustamento das observações: aplicações geodésicas*. Curitiba, PR: UFPR, 1994.

*Gestão dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira*. MMA/Consórcio TC/BR – Funatura, Brasília, 2000.200p.

GLOSARIO DE GEOPROCESSAMENTO, [www.geominas.mg.gov.br/glossario](http://www.geominas.mg.gov.br/glossario), 2000

GODARD, O.; HENRY, C.; LAGADEC, P.; & Michel-Kerjan, E. 2002. *Traité des Nouveaux Risques. Précaution, crise, assurance*. Gallimard, collection Folio-Actuel. 620 p.

GRIGIO, A. M. *Aplicação do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na Determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera*. Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em geodinâmica e geofísica. CCET/UFRN, Natal – RN, 2003, 222p.

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DO ESTADO DA PARAÍBA. Ministério da Minas e Energia; Secretaria de Minas e Metalurgia; CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2002, 142p.

GUEDES, L. S. *Monitoramento Geoambiental do Estuário do Rio Paraíba do Norte – PB por meio da Cartografia Digital e de Produtos de Sensoriamento Remoto*. Dissertação de Mestrado apresentada na UFRN. 2002, 100p.

GUERRA, T. J.; *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, 652p.

GUERRA, T. J.; CUNHA, S.B. *Avaliação e Perícia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 266p.

GUIA EM PORTUGÊS DO ENVI 3.6. Sulsoft, São Paulo, 2002, 200p.

HEWITT, K. 1997. *Regions of Risk. A Geographical Introduction to Disasters*. Essex. Longman. 389p.

HUMMEL, D. G. *Corel Draw 9 total*. São Paulo: Berkeley Brasil, 2000, 850p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **ESTATCART – Sistema de Recuperação de Informações Georreferenciadas – Versão 2.0**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM

\_\_\_\_\_. **Censo Demográfico 2000 Agregado por Setor Censitário dos resultados do universo –**. 2<sup>a</sup>. Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM

\_\_\_\_\_. **Malha de Setor Censitário Rural Digital do Brasil – Situação 2000 – Vol. 3**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM

\_\_\_\_\_. **Base de Informações Municipais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM

INPE. **Tutorial do Spring**. São José dos Campos, SP: INPE, 2007. 305 p. (Apostila).

JOLY, F. A **Cartografia**. Campinas:Papirus, 1990, 136p.

KIRCHHOFF, D. **Avaliação de risco ambiental e o processo de licenciamento: o caso do gasoduto de distribuição gás brasileiro trecho São Carlos – Porto Ferreira**, dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, 2004.

KIRCHHOFF, D. **Avaliação de risco ambiental e o processo de licenciamento: o caso do gasoduto de distribuição gás brasileiro trecho São Carlos – Porto Ferreira**, dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, 2004.

LAPARELLI, R. A. C. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2001, 118p

LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 4 ed. São Paulo: Atlas 1992.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL: Cartilha do Usuário. SUDEMA, Governo do Estado da Paraíba, 2003, 39p.

LOCH, C. *A Interpretação de Imagens Aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais*. 4ed. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001, 118p.

LOCH, C. *Topografia contemporânea*. Florianópolis, SC: UFSC, 1995.

MAGALHÃES, C. M.M.; EGLER, C. A. G. *Hidrografia e Recursos Hídricos*. In Atlas Geográfico do Estado da Paraíba, p. 30. Grafset: João Pessoa, 1985, Governo do Estado da Paraíba / Secretaria de Educação / Universidade Federal da Paraíba.

MANUAL DE CONTROLE AMBIENTAL: Licenciamento/Fiscalização/Automonitoramento. SUDEMA, Governo do Estado da Paraíba, 2003, 360p.

MARINHO, E. G .A. *Geomorfologia da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape e Adjacências, no Estado da Paraíba: subsídios ao Zoneamento Geo-Ambietal*. João Pessoa, 2002. 189p.(Mestrado em Meio Ambiente) PRODEMA – Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Sub Programa Universidade Federal da Paraíba / Universidade Estadual da Paraíba. (Orientador: José Antonio Pacheco de Almeida)

MELO, S. T.; HECKENDORFF, W. D.; ALVES, E. L.; GUIMARÃES, M. M. M. *O Meio Ambiente Natural: componentes abióticos e bióticos*. In Projeto de pesquisa: Vale do Rio Jaguaribe. João Pessoa: UNIPÊ Editora, 2001, 31-94p.

MELO, S. T.; RODRIGUEZ, J. L. *Paraíba: desenvolvimento econômico e a questão ambiental*. João Pessoa: GRAFSET, 2003, 164p.

MOREIRA, M. A. *Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. São José dos Campos: INPE, 2007, 350p.

MENDES, C. A. B., CIRILO, J. A. *Geoprocessamento em recursos hídricos: Princípios, Integração e Aplicação*. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p. MENDES, C. A.B. *Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação*. Porto alegre, RG; ed. ABRH, 2001.

MENDONÇA, F. *Geografia Física: ciência humana ?*. 5ed. - São Paulo: Contexto, 1997, 72p.

MOROSINE, F. *Apostila de Gestão e Controle Ambiental*. SUDEMA, João Pessoa – PB, 2003, 60p.

MOURA, D. *Riqueza e Abundância de Abelhas em Diferentes Estágios de Degradação da Caatinga como Indicadores Ambientais no Entorno da Usina Hidrelétrica de Xingó*. Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais. Recife, PE: UFPE, Departamento de Geografia, 2003.

MUÑOZ, H. R. (org.). *Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997*. 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

NETO, J.S.L., *Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas Âncoras do Planejamento Ambiental*. Revista do Departamento de Geografia, N. 20, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Humanistas, 2001.

NÓBREGA, T. M. Q. *A Problemática da Drenagem em Áreas Urbanas Planas: o caso da planície costeira da cidade de João Pessoa – PB*. 2002, 126p. Dissertação de mestrado apresentada no programa de pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente, da Universidade Federal da Paraíba.

NOVA CHAVE DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. Em Cd-Rom. EMBRAPA - 1999

NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. 2ª ed. Ed. Edgard Blücher, 1992. 307p.

OLIVEIRA, C. *Dicionário Cartográfico*. 2ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 1983, 781p.

OLIVEIRA, C. *Curso de Cartografia Moderna*. 2ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 1993, 152p.

OLIVEIRA, N. S. M. *Cartografia Ambiental*. In Curso de Cartografia Ambiental. Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte, 2000, 64p.

OLIVEIRA, F. B. *Degradação do Meio Físico e Implicações Ambientais na Bacia do Jaguaribe*. 2001. 93p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco – Recife – PE.

PAREDES, E.A. *Sistema de Informação geográfica*. São Paulo: Érica, 1994, 700p.

PASSOS, M. M. *Amazônia: teledetecção e colonização*. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1998.

PMJP - *Sumário do Perfil de João Pessoa*. Estado da Paraíba, Prefeitura Municipal de João Pessoa, Secretaria do Planejamento. 15 de maio de 2003.

GUEDES, L. S. **Monitoramento Geoambiental do Estuário do Rio Paraíba do Norte – PB Por Meio da Cartografia Temática Digital e de Produtos de Sensoriamento remoto**. Natal, 2002, 80p. (Mestrado em Geodinâmica) – Programa de pós-graduação em geodinâmica e geofísica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. (Orientador: Prof. Venerando Eustáquio Amaro).

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000, 220p.

ROMÃO, V. **Geodésia**. (Apostila). Recife, PE: UFPE, 2002.

SALLES, I. H. F. **Conceitos de Geografia Física**. São Paulo: Ícone, 1997, 120p.

SANTOS, M. J. F. S. Jr. **Dicionário Terra de Informática**. Goiana: Ed. Terra, 1999, 240p.

SANTOS, J. A. **Análise Sociambiental em Áreas de Risco do Município de João Pessoa (PB): o caso dos aglomerados subnormais bairro São José e Timbó**. 2004, 78p. Monografia apresentada no curso de graduação em geografia, da Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa – PB.

SANTOS, A. **Geodésia Elementar: princípios de posicionamento global – GPS**. Recife, PE: Editora da UFPE, 2001.

SEABRA, G. F. **Pesquisa Científica: o método em questão**. Brasília: Editora UNB, 2001, 124p.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

SHLITTER, F. H. M. **Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais**. 2º ed. São Paulo: UNESP, 2001, 300p.

SILVA, J. X. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001, 228p.

SILVA, L. P. *Análise espacial de riscos ambientais na bacia do Rio Cuia através de técnicas de geoprocessamento*. Monografia de Graduação – DGEOC/CCEN/UFPB, João Pessoa, 2002, 57p.

SILVA, A. B. *Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1999, 236p.

TORGE, W. *Geodesy*. 2a. ed. New York: De Gruyter, 1991. 264 p

YUAÇA, F.; BITTENCOURT, J.; MEREGE, P.; SCHMIDLIN, D. *Introdução ao Geoprocessamento*. In GIS BRASIL 97 – Curitiba – Paraná, 1997.

# ANEXOS

141

# ANEXO - A

142

**PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA  
CASA CIVIL  
Subchefia para Assuntos Jurídicos**

**LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.**

Mensagem de veto

Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

**O PRESIDENTE DA REPÚBLICA** Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

**TÍTULO I**

**DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**

**CAPÍTULO I**

**DOS FUNDAMENTOS**

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

## **CAPÍTULO II**

### **DOS OBJETIVOS**

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

## **CAPÍTULO III**

### **DAS DIRETRIZES GERAIS DE AÇÃO**

Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;

II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;

III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;

V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;

VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

Art. 4º A União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum.

## **CAPÍTULO IV**

### **DOS INSTRUMENTOS**

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - os Planos de Recursos Hídricos;

II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;

III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

V - a compensação a municípios;

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

## **SEÇÃO I**

### **DOS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS**

Art. 6º Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Art. 7º Os Planos de Recursos Hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;

II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;

III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;

IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;

V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;

VI - (VETADO)

VII - (VETADO)

VIII - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;

IX - diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

X - propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Art. 8º Os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País.

## **SEÇÃO II**

### **DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA EM CLASSES, SEGUNDO OS USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA**

Art. 9º O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa a:

I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;

II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Art. 10. As classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental.

## **SEÇÃO III**

### **DA OUTORGA DE DIREITOS DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Art. 11. O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

§ 1º Independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento:

I - o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;

II - as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;

III - as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

§ 2º A outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica estará subordinada ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, aprovado na forma do disposto no inciso VIII do art. 35 desta Lei, obedecida a disciplina da legislação setorial específica.

Art. 13. Toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso.

Parágrafo único. A outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes.

Art. 14. A outorga efetivar-se-á por ato da autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal.

§ 1º O Poder Executivo Federal poderá delegar aos Estados e ao Distrito Federal competência para conceder outorga de direito de uso de recurso hídrico de domínio da União.

§ 2º (VETADO)

Art. 15. A outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensa parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias:

I - não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga;

II - ausência de uso por três anos consecutivos;

III - necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;

IV - necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental;

V - necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas;

VI - necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água.

Art. 16. Toda outorga de direitos de uso de recursos hídricos far-se-á por prazo não excedente a trinta e cinco anos, renovável.

Art. 17. (VETADO)

Art. 18. A outorga não implica a alienação parcial das águas, que são inalienáveis, mas o simples direito de seu uso.

## **SEÇÃO IV**

### **DA COBRANÇA DO USO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Art. 19. A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;

II - incentivar a racionalização do uso da água;

III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Art. 20. Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga, nos termos do art. 12 desta Lei.

Parágrafo único. (VETADO)

Art. 21. Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros:

I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;

II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxidade do afluente.

Art. 22. Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados:

I - no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos;

II - no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

§ 1º A aplicação nas despesas previstas no inciso II deste artigo é limitada a sete e meio por cento do total arrecadado.

§ 2º Os valores previstos no *caput* deste artigo poderão ser aplicados a fundo perdido em projetos e obras que alterem, de modo considerado benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão de um corpo de água.

§ 3º (VETADO)

Art. 23. (VETADO)

## **SEÇÃO V**

### **DA COMPENSAÇÃO A MUNICÍPIOS**

Art. 24. (VETADO)

## **SEÇÃO VI**

### **DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS**

Art. 25. O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

Parágrafo único. Os dados gerados pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Art. 26. São princípios básicos para o funcionamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos:

- I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;
- II - coordenação unificada do sistema;
- III - acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade.

Art. 27. São objetivos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos:

- I - reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil;
- II - atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;
- III - fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

## **CAPÍTULO V**

### **DO RATEIO DE CUSTOS DAS OBRAS DE USO MÚLTIPLO, DE INTERESSE COMUM OU COLETIVO**

**Art. 28. (VETADO)**

**CAPÍTULO VI**

**DA AÇÃO DO PODER PÚBLICO**

Art. 29. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, compete ao Poder Executivo Federal:

I - tomar as providências necessárias à implementação e ao funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

II - outorgar os direitos de uso de recursos hídricos, e regulamentar e fiscalizar os usos, na sua esfera de competência;

III - implantar e gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, em âmbito nacional;

IV - promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

Parágrafo único. O Poder Executivo Federal indicará, por decreto, a autoridade responsável pela efetivação de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos sob domínio da União.

Art. 30. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, cabe aos Poderes Executivos Estaduais e do Distrito Federal, na sua esfera de competência:

I - outorgar os direitos de uso de recursos hídricos e regulamentar e fiscalizar os seus usos;

II - realizar o controle técnico das obras de oferta hídrica;

III - implantar e gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, em âmbito estadual e do Distrito Federal;

IV - promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.

Art. 31. Na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, os Poderes Executivos do Distrito Federal e dos municípios promoverão a integração das políticas locais de saneamento básico, de uso, ocupação e conservação do solo e de meio ambiente com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos.

**TÍTULO II**

**DO SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**CAPÍTULO I**

**DOS OBJETIVOS E DA COMPOSIÇÃO**

Art. 32. Fica criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com os seguintes objetivos:

I - coordenar a gestão integrada das águas;

II - arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;

III - implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;

IV - planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;

V - promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Art. 33. Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos:  
I - o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;  
II - os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal;  
III - os Comitês de Bacia Hidrográfica;  
IV - os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;  
V - as Agências de Água.

Art. 33. Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos:  
(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

I – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

I-A. – a Agência Nacional de Águas; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

II – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

III – os Comitês de Bacia Hidrográfica; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

IV – os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos;  
(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

V – as Agências de Água. (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

## CAPÍTULO II

### DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 34. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é composto por:

I - representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos hídricos;

II - representantes indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos;

III - representantes dos usuários dos recursos hídricos;

IV - representantes das organizações civis de recursos hídricos.

Parágrafo único. O número de representantes do Poder Executivo Federal não poderá exceder à metade mais um do total dos membros do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Art. 35. Compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos:

I - promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários;

II - arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos;

III - deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados em que serão implantados;

IV - deliberar sobre as questões que lhe tenham sido encaminhadas pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos ou pelos Comitês de Bacia Hidrográfica;

V - analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos e à Política Nacional de Recursos Hídricos;

VI - estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VII - aprovar propostas de instituição dos Comitês de Bacia Hidrográfica e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos;

VIII - (VETADO)

IX - acompanhar a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;

IX – acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

X - estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso.

Art. 36. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos será gerido por:

I - um Presidente, que será o Ministro titular do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal;

II - um Secretário Executivo, que será o titular do órgão integrante da estrutura do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, responsável pela gestão dos recursos hídricos.

### **CAPÍTULO III**

#### **DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA**

Art. 37. Os Comitês de Bacia Hidrográfica terão como área de atuação:

I - a totalidade de uma bacia hidrográfica;

II - sub-bacia hidrográfica de tributário do curso de água principal da bacia, ou de tributário desse tributário; ou

III - grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.

Parágrafo único. A instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica em rios de domínio da União será efetivada por ato do Presidente da República.

Art. 38. Compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica, no âmbito de sua área de atuação:

I - promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;

II - arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;

III - aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia;

IV - acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;

V - propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes;

VI - estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;

VII - (VETADO)

VIII - (VETADO)

IX - estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

Parágrafo único. Das decisões dos Comitês de Bacia Hidrográfica caberá recurso ao Conselho Nacional ou aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com sua esfera de competência.

Art. 39. Os Comitês de Bacia Hidrográfica são compostos por representantes:

I - da União;

II - dos Estados e do Distrito Federal cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação;

III - dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação;

IV - dos usuários das águas de sua área de atuação;

V - das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia.

§ 1º O número de representantes de cada setor mencionado neste artigo, bem como os critérios para sua indicação, serão estabelecidos nos regimentos dos comitês, limitada a representação dos poderes executivos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios à metade do total de membros.

§ 2º Nos Comitês de Bacia Hidrográfica de bacias de rios fronteiraços e transfronteiraços de gestão compartilhada, a representação da União deverá incluir um representante do Ministério das Relações Exteriores.

§ 3º Nos Comitês de Bacia Hidrográfica de bacias cujos territórios abranjam terras indígenas devem ser incluídos representantes:

I - da Fundação Nacional do Índio - FUNAI, como parte da representação da União;

II - das comunidades indígenas ali residentes ou com interesses na bacia.

§ 4º A participação da União nos Comitês de Bacia Hidrográfica com área de atuação restrita a bacias de rios sob domínio estadual, dar-se-á na forma estabelecida nos respectivos regimentos.

Art. 40. Os Comitês de Bacia Hidrográfica serão dirigidos por um Presidente e um Secretário, eleitos dentre seus membros.

## **CAPÍTULO IV**

### **DAS AGÊNCIAS DE ÁGUA**

Art. 41. As Agências de Água exercerão a função de secretaria executiva do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica.

Art. 42. As Agências de Água terão a mesma área de atuação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica.

Parágrafo único. A criação das Agências de Água será autorizada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos mediante solicitação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica.

Art. 43. A criação de uma Agência de Água é condicionada ao atendimento dos seguintes requisitos:

I - prévia existência do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;

II - viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação.

Art. 44. Compete às Agências de Água, no âmbito de sua área de atuação:

I - manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação;

II - manter o cadastro de usuários de recursos hídricos;

III - efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

IV - analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos;

V - acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação;

VI - gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;

VII - celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências;

VIII - elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;

IX - promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação;

X - elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica;

XI - propor ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica:

- a) o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes;
- b) os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos;
- c) o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- d) o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.

## CAPÍTULO V

### DA SECRETARIA EXECUTIVA DO CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Art. 45. A Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos será exercida pelo órgão integrante da estrutura do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, responsável pela gestão dos recursos hídricos.

Art. 46. Compete à Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos:

- I - prestar apoio administrativo, técnico e financeiro ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- II - coordenar a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos e encaminhá-lo à aprovação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- III - instruir os expedientes provenientes dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- IV - coordenar o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos;
- V - elaborar seu programa de trabalho e respectiva proposta orçamentária anual e submetê-los à aprovação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Art. 46. Compete à Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos:  
(Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

I – prestar apoio administrativo, técnico e financeiro ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

II – revogado; (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

III – instruir os expedientes provenientes dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacia Hidrográfica;" (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

IV – revogado;" (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

V – elaborar seu programa de trabalho e respectiva proposta orçamentária anual e submetê-los à aprovação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (Redação dada pela Lei 9.984, de 2000)

## CAPÍTULO VI

## **DAS ORGANIZAÇÕES CIVIS DE RECURSOS HÍDRICOS**

Art. 47. São consideradas, para os efeitos desta Lei, organizações civis de recursos hídricos:

I - consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas;

II - associações regionais, locais ou setoriais de usuários de recursos hídricos;

III - organizações técnicas e de ensino e pesquisa com interesse na área de recursos hídricos;

IV - organizações não-governamentais com objetivos de defesa de interesses difusos e coletivos da sociedade;

V - outras organizações reconhecidas pelo Conselho Nacional ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

Art. 48. Para integrar o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, as organizações civis de recursos hídricos devem ser legalmente constituídas.

## **TÍTULO III**

### **DAS INFRAÇÕES E PENALIDADES**

157

Art. 49. Constitui infração das normas de utilização de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos:

I - derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso;

II - iniciar a implantação ou implantar empreendimento relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade dos mesmos, sem autorização dos órgãos ou entidades competentes;

III - (VETADO)

IV - utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com os mesmos em desacordo com as condições estabelecidas na outorga;

V - perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização;

VI - fraudar as medições dos volumes de água utilizados ou declarar valores diferentes dos medidos;

VII - infringir normas estabelecidas no regulamento desta Lei e nos regulamentos administrativos, compreendendo instruções e procedimentos fixados pelos órgãos ou entidades competentes;

VIII - obstar ou dificultar a ação fiscalizadora das autoridades competentes no exercício de suas funções.

Art. 50. Por infração de qualquer disposição legal ou regulamentar referentes à execução de obras e serviços hidráulicos, derivação ou utilização de recursos hídricos de domínio ou administração da União, ou pelo não atendimento das solicitações feitas, o infrator, a critério da autoridade competente, ficará sujeito às seguintes penalidades, independentemente de sua ordem de enumeração:

I - advertência por escrito, na qual serão estabelecidos prazos para correção das irregularidades;

II - multa, simples ou diária, proporcional à gravidade da infração, de R\$ 100,00 (cem reais) a R\$ 10.000,00 (dez mil reais);

III - embargo provisório, por prazo determinado, para execução de serviços e obras necessárias ao efetivo cumprimento das condições de outorga ou para o cumprimento de normas referentes ao uso, controle, conservação e proteção dos recursos hídricos;

IV - embargo definitivo, com revogação da outorga, se for o caso, para repor incontinenti, no seu antigo estado, os recursos hídricos, leitos e margens, nos termos dos arts. 58 e 59 do Código de Águas ou tamponar os poços de extração de água subterrânea.

§ 1º Sempre que da infração cometida resultar prejuízo a serviço público de abastecimento de água, riscos à saúde ou à vida, perecimento de bens ou animais, ou prejuízos de qualquer natureza a terceiros, a multa a ser aplicada nunca será inferior à metade do valor máximo cominado em abstrato.

§ 2º No caso dos incisos III e IV, independentemente da pena de multa, serão cobradas do infrator as despesas em que incorrer a Administração para tornar efetivas as medidas previstas nos citados incisos, na forma dos arts. 36, 53, 56 e 58 do Código de Águas, sem prejuízo de responder pela indenização dos danos a que der causa.

§ 3º Da aplicação das sanções previstas neste título caberá recurso à autoridade administrativa competente, nos termos do regulamento.

§ 4º Em caso de reincidência, a multa será aplicada em dobro.

## **TÍTULO IV**

### **DAS DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS**

Art. 51. Os consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas mencionados no art. 47 poderão receber delegação do Conselho Nacional ou dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, por prazo determinado, para o exercício de

funções de competência das Agências de Água, enquanto esses organismos não estiverem constituídos.

Art. 51. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos e os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos poderão delegar a organizações sem fins lucrativos relacionadas no art. 47 desta Lei, por prazo determinado, o exercício de funções de competência das Agências de Água, enquanto esses organismos não estiverem constituídos. (Redação dada pela Lei nº 10.881, de 2004)

Art. 52. Enquanto não estiver aprovado e regulamentado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a utilização dos potenciais hidráulicos para fins de geração de energia elétrica continuará subordinada à disciplina da legislação setorial específica.

Art. 53. O Poder Executivo, no prazo de cento e vinte dias a partir da publicação desta Lei, encaminhará ao Congresso Nacional projeto de lei dispendo sobre a criação das Agências de Água.

Art. 54. O art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, passa a vigorar com a seguinte redação:

"Art. 1º .....

III - quatro inteiros e quatro décimos por cento à Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal;

IV - três inteiros e seis décimos por cento ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, do Ministério de Minas e Energia;

V - dois por cento ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

§ 4º A cota destinada à Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal será empregada na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e na gestão da rede hidrometeorológica nacional.

§ 5º A cota destinada ao DNAEE será empregada na operação e expansão de sua rede hidrometeorológica, no estudo dos recursos hídricos e em serviços relacionados ao aproveitamento da energia hidráulica."

Parágrafo único. Os novos percentuais definidos no *caput* deste artigo entrarão em vigor no prazo de cento e oitenta dias contados a partir da data de publicação desta Lei.

Art. 55. O Poder Executivo Federal regulamentará esta Lei no prazo de cento e oitenta dias, contados da data de sua publicação.

Art. 56. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 57. Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República.

**FERNANDO HENRIQUE CARDOSO**  
*Gustavo Krause*

# ANEXO - B

160

## CÓDIGO FLORESTAL

---

### LEI 4.771/65 DE 15 DE SETEMBRO 1965

---

#### **Institui o Novo Código Florestal.**

A LEI N° 4.771, de 15 de setembro de 1965 – Código Florestal, e a LEI N° 7.803, de 18 de julho de 1989 – altera o Código Florestal, assim definem as áreas de preservação permanente:

LEI N° 4771, de 15 de setembro de 1965 – Código Florestal, alterada pela LEI N° 7.803 de 18 de julho de 1989.

*“Art. 1º As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem.*

*Parágrafo único - As ações ou omissões contrárias às disposições deste Código na utilização e exploração das florestas são consideradas uso nocivo da propriedade (art. 302, XI b, do Código de Processo Civil).*

*Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:*

*a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:*

*1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;*

*2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;*

*3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;*

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

*Parágrafo único.* No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.

*Art. 3º* Consideram-se, ainda, de preservação permanentes, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

a) a atenuar a erosão das terras;

b) a fixar as dunas;

c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

- d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares;*
- e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;*
- f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção;*
- g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;*
- h) a assegurar condições de bem-estar público.*

*§ 1º A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.*

*§ 2º As florestas que integram o Patrimônio Indígena ficam sujeitas ao regime de preservação permanente (letra g) pelo só efeito desta Lei.”*

# ANEXO - C

164

### CONFLITO DE USO (APP x Área Urbanizada)

```
{  
Tematico uso ("Uso"), buffer ("buffer_rios"), conflito("Conflito_de_Uso");  
uso = Recupere(Nome="class_seg_25_10_99.9-T");  
buffer = Recupere(Nome="buffer30");  
conflito = Novo(Nome="conflito",ResX=20,ResY=20,Escala=25000);  
conflito = Atribua(CategoriaFim="Conflito_de_Uso")  
{  
"Conflito":(uso.Classe == "Área construída" && buffer.Classe == "0-30")  
};  
}
```

### ÁREAS DE RISCO I (Declividade x Área Urbanizada)

```
{  
Tematico dec ("Declividade");  
Tematico urbano ("Uso");  
Tematico risco1 ("Risco1");  
dec = Recupere (Nome = "Declividade_final");  
urbano = Recupere (Nome = "uso2");  
risco1 = Novo (Nome = "Risco", ResX=5, ResY=5, Escala=25000);  
risco1 = Atribua (CategoriaFim = "Risco1")  
{  
"Risco" : (dec.Classe == "Inapto" && urbano.Classe == "Área construída")  
};  
}
```

### RISCO SÓCIO-AMBIENTAL (IDH + ISA)

```
{  
Tematico idh ("IDH");  
Tematico isa ("ISA");  
Tematico soma ("IDH+ISA");  
idh = Recupere (Nome="IDH");  
isa = Recupere (Nome="ISA");  
soma = Novo (Nome="idh+isa",ResX=5,ResY=5,Escala=25000);  
soma = Atribua(CategoriaFim="IDH+ISA")  
{  
"Áreas de risco":(idh.Classe == "Áreas de risco" || isa.Classe == "Áreas de  
risco")  
};  
}
```

### RISCOS GEOTÉCNICOS

```
{
Tematico uso ("Uso"), buffer ("buffer_rios"), conflito("Conflito_de_Uso");
uso = Recuperar(Nome="class_seg_25_10_99.9-T");
buffer = Recuperar(Nome="buffer30");
conflito = Novo(Nome="conflito",ResX=20,ResY=20,Escala=25000);
conflito = Atribua(CategoriaFim="Conflito_de_Uso")
{
"Conflito":(uso.Classe == "Área construída" && buffer.Classe == "0-30")
};
}
```

### ÁREAS DE RISCOS II (Risco Geotécnico x Área Urbanizada)

```
{
Tematico matincon ("Mat_incons");
Tematico movmassa ("Mov_massa");
Tematico erosao ("Potencial_erosão");
Tematico soma ("Geotecnia");
matincon = Recuperar (Nome="MATERIAIS INCONSOLIDADOS");
movmassa = Recuperar (Nome="Mov_massa");
erosao = Recuperar (Nome="Potencial erosão");
soma = Novo (Nome="Geotecnia",ResX=5,ResY=5,Escala=25000);
soma = Atribua(CategoriaFim="Geotecnia")
{
"Áreas de risco":((matincon.Classe == "Material areno-siltoso de mangue" ||
matincon.Classe == "Materiais arenosos aluvionares" || matincon.Classe ==
"Materiais arenosos coluvionares") || (movmassa.Classe == "Instável") ||
(erosao.Classe == "Alta"))
};
}
```

### RISCO POTENCIAL

```
{
Tematico conflito ("Conflito_de_Uso");
Tematico risco1 ("Risco1");
Tematico risco2 ("Risco2");
Tematico idhisa ("IDH+ISA");
Tematico soma ("Risco_potencial");
conflito = Recuperar (Nome="Conflito");
risco1 = Recuperar (Nome="Risco");
risco2 = Recuperar (Nome="Risco");
idhisa = Recuperar (Nome="idh+isa");
soma = Novo (Nome="Risco potencial",ResX=5,ResY=5,Escala=25000);
soma = Atribua(CategoriaFim="Risco_potencial")
{
"Risco":(conflito.Classe == "Conflito" || risco1.Classe == "Risco" || risco2.Classe ==
"Risco" || idhisa.Classe == "Áreas de risco")
}
```

}}

# ANÁLISE DE RISCOS POTENCIAIS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM BACIA HIDROGRÁFICA URBANA COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO DE BAIXO CUSTO

POR

**UTAIGUARA DA NÓBREGA BORGES**

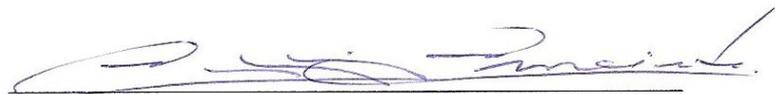
Dissertação defendida e aprovada em 28.02.08.

Banca Examinadora:



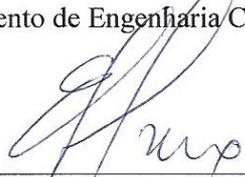
**Prof. Dr. ADMILSON DA PENHA PACHECO (Orientador)**

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco



**Prof. Dr. TARCÍSIO FERREIRA SILVA**

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco



**Prof. Dr. EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA**

Departamento de Geociências- Universidade Federal da Paraíba

167





UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA - DECart  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS  
E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO - MESTRADO  
Rua Acadêmico Hélio Ramos s/nº - Cid. Universitária - Recife-PE  
CEP 50740-530 - FONE: (81) 2126-8981/FAX: (81) 2126.8235  
E-MAIL: geodesia@npd.ufpe.br

## TERMO DE JULGAMENTO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

Aos 28 dias de fevereiro de 2008, às 14:00 horas, no Auditório do Departamento de Engenharia Cartográfica, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, presente à Comissão Examinadora integrada pelos membros Prof. Dr. ADMILSON DA PENHA PACHECO (orientador), Prof. Dr. TARCÍSIO FERREIRA SILVA e Prof. Dr. EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA, iniciou-se a Defesa de Dissertação do Geógrafo UTAIGUARA DA NÓBREGA BORGES, desenvolvida enquanto mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação e intitulada “ANÁLISE DE RISCOS POTENCIAIS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM BACIA HIDROGRÁFICA URBANA COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO DE BAIXO CUSTO”.

Concluída a argüição, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a Comissão Examinadora considerado o candidato:

Prof. Dr. ADMILSON DA PENHA PACHECO

(Aprovado)

Prof. Dr. TARCÍSIO FERREIRA SILVA

(Aprovado)

Prof. Dr. EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA

(Aprovado)

O mestrando está ciente do prazo de três meses para a entrega do exemplar definitivo da dissertação com as alterações sugeridas pela Comissão Examinadora e acatadas pela Professora Orientadora para assim obter o título de Mestre.

Para constar, é lavrado o presente termo, que vai assinado pela Comissão Examinadora e pelo Coordenador da Pós-Graduação.

Recife, 28 de fevereiro de 2008.

A COMISSÃO EXAMINADORA.

Admilson da Penha Pacheco

Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Coordenador:

Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco

Admilson da Penha Pacheco

Obs.: De acordo com a Resolução 03/98 da CCEPE da UFPE no seu Art. 41: “encerrado o exame, a Comissão Examinadora, em sessão secreta, deliberará sobre o resultado a ser atribuído ao candidato ao grau de Mestre, considerando as seguintes menções: a) aprovado ou b) reprovado”.