



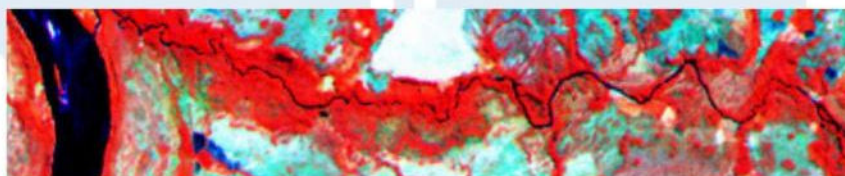
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

Programa de pós-graduação em Geografia

Área de concentração em Geografia e gestão do território

**CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO E ZONEAMENTO AMBIENTAL:
O EXEMPLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMIGA-TO**



Emerson Figueiredo Leite
Orientador Prof. Dr. Roberto Rosa

Uberlândia, MG
Novembro de 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

Programa de pós-graduação em Geografia

Área de concentração em Geografia e gestão do território

**CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO E ZONEAMENTO AMBIENTAL: O
EXEMPLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMIGA-TO**

Emerson Figueiredo Leite

Uberlândia, Novembro de 2011

Emerson Figueiredo Leite

**CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO E ZONEAMENTO AMBIENTAL: O
EXEMPLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMIGA-TO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Geografia da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do
título de doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do
Território.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rosa

**Uberlândia, MG
Instituto de Geografia
Novembro de 2011**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

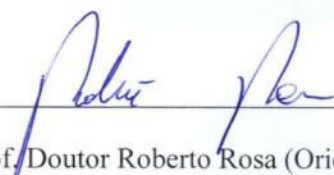
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- L533c Leite, Emerson Figueiredo, 1978-
2011 Caracterização, diagnóstico e zoneamento ambiental: o exemplo da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO / Emerson Figueiredo Leite. - 2011. 228 f.: il.
- Orientador: Roberto Rosa.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.
1. Geografia - Teses. 2. Bacias hidrográficas - Tocantins - Teses. 3. Geoprocessamento - Teses. 3. Sensoriamento remoto – Teses. I. Rosa, Roberto. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**Programa de Pós-Graduação em Geografia****ÉMERSON FIGUEIREDO LEITE**

“CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO E ZONEAMENTO AMBIENTAL: O
EXEMPLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMIGA – TO”.



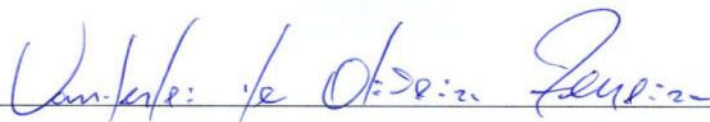
Prof. Doutor Roberto Rosa (Orientador) - UFU



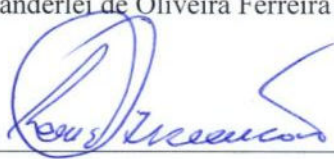
Prof. Doutor Edson Eyji Sano - EMBRAPA



Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto – UNESP



Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU



Prof. Dr. Washington Luiz Assunção - UFU

Data: 29 / 11 de 2011

Resultado: Aprovado

Dedicatória

À minha família.

Agradecimentos

Este trabalho só foi possível graças à colaboração direta de muitas pessoas. Manifesto imensa gratidão a todas elas e de forma particular:

Ao Prof. Dr. Roberto Rosa por ter aceitado esta ideia de tese, pela orientação sábia e criteriosa.

Aos professores do programa de pós-graduação em Geografia da UFU, pelo apoio dado através dos eventos, workshops, infraestrutura e aulas durante o curso deste doutorado.

A minha esposa, Elisângela Martins de Carvalho, pela amizade, compreensão e carinho dedicado.

Aos colegas, professores do curso de Geografia da UFT/Porto Nacional-TO, pelo apoio.

Aos professores Dr. Silvio Carlos Rodrigues, Dr. Washington Luiz Assunção e Dr. Jorge Luís Silva Brito pelas contribuições durante as defesas de projeto e qualificação.

A todos os amigos que encontramos e desencontramos nessa vida acadêmica.

A você, que procurou aqui seu nome nos agradecimentos, mas sabe com certeza que sou grato e que seu apoio foi muito importante.

Muito obrigado!

Resumo

Esta tese propõe um Zoneamento Ambiental Integrado de bacia hidrográfica sob a ótica da paisagem, categoria de análise da Geografia, adotando como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Formiga no Estado do Tocantins. Esta bacia abrange áreas territoriais dos municípios de Ipueiras, Santa Rosa do Tocantins, Silvanópolis e Pindorama do Tocantins. Traz ainda para o debate uma possibilidade metodológica da aplicação das atuais geotecnologias e a adoção da bacia hidrográfica, reflexo da dinâmica da paisagem, como célula de análise. A metodologia aplicada segue as diretrizes preconizadas por Crepani *et. all.* (2001) e determina para a área Unidades de Paisagem Natural classificadas conforme sua estabilidade/vulnerabilidade ambiental. Partindo destas unidades, realizamos cruzamentos temáticos no software Spring/INPE através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico e realizamos zoneamentos para a área. Zoneamos a bacia em áreas de Paisagem Crítica Ambiental (conforme o Código Florestal e Conama nº303), são áreas que preservam ou devem ser preservadas as áreas de preservação permanente como matas ciliares e áreas consideradas topos de morros e que apresentam desta forma impedimento legal a ocupação antrópica. Conforme detectado, áreas de APP com usos são incompatíveis e devem ser recuperadas e destinadas a preservação. Também foram determinadas áreas de Paisagem Produtiva Consolidada classificadas conforme a estabilidade/vulnerabilidade ambiental. Assim, temos 113,78 km² de área na bacia classificadas como Estáveis; 1.171,73 km² de áreas moderadamente estáveis; Áreas classificadas como Medianamente Estável/Vulnerável representam 362,80 km² da área; e, por fim, áreas Vulneráveis ocupam apenas 22 km² da área da bacia, representam apenas 1% da área total. Não foram zoneadas áreas de Paisagem Produtiva Consolidada Vulnerável para a bacia hidrográfica do Rio Formiga. Estas áreas se configuram por uma incompatibilidade entre polígonos de ação antrópica e estabilidade/vulnerabilidade natural da bacia.

Palavras-Chaves: Paisagem, bacia hidrográfica, Geoprocessamento, sensoriamento remoto, zoneamento ambiental.

Abstract

This thesis proposes an Environmental Zoning of watershed under the perspective of the landscape, the Geography category of analysis, adopting as studied area the River Basin of Formiga River in the state of Tocantins. This Basin covers the land area of the municipalities of Ipueiras, Santa Rosa do Tocantins, Silvanópolis and Pindorama do Tocantins. It also brings an opportunity for discussion the methodological application of the current geotechnologies and the adoption of the river basin, a reflex of the landscape dynamics, as an analysis cell. The methodology applied follows the guidelines recommended by Crepani *et. all.*(2001) and it determines for the area Natural Landscape Units classified according to its stability/environmental vulnerability. From these units, we performed thematic crosses in Spring/INPE software through Spatial Language for Algebraic GIS and we performed zoning for the area. We did the zoning of the basin in areas of Critical Environmental Landscape (according to the Forest Code and CONAMA No. 303), which are areas that preserve or should be preserved as permanent preservation areas and riparian areas considered hilltops and thus they have legal impediment human occupation. As detected, APP areas with uses are incompatible and must be recovered and destined to preservation. There were also certain areas determinate as areas of Consolidated Productive Landscape classified according to stability/environmental vulnerability. Thus, we have 113,78 km² of basin area classified as Stable; 1.171,73 km² of moderately stable areas; areas classified as Moderately Stable/Vulnerable represent 362,80 km² of the area; and, finally, Vulnerable areas occupy only 22 km² of the basin area, representing only 1% of the total area. We didn't do the zoning of Vulnerable Consolidated Productive Landscape for the river basin of Formiga River. These areas are configured by an incompatibility between polygons of anthropic action and natural stability/vulnerability of the basin.

Keywords: Landscape, river basin, GIS, remote sensing, environmental zoning.

Lista de Figuras

Figura 01 – Representação esquemática de um sistema.....	26
Figura 02 – O Geossistema, uma abstração, um conceito, um modelo teórico da paisagem	43
Figura 03 – Bacia hidrográfica, fluxos e transformações de energia, água e sedimentos	56
Figura 04 – Os seis componentes de um SIG	65
Figura 05 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica	67
Figura 06 – Modelo de dados em formato raster e vetor representando uma determinada porção da paisagem	70
Figura 07 – Processo de “Imageamento” com Sensoriamento Remoto	74
Figura 08 – Esquema de uma onda eletromagnética	75
Figura 09 – Espectro eletromagnético	76
Figura 10 – A área de estudo, bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	88
Figura 11 – Organograma teórico-metodológico	98
Figura 12 – Unidades geológicas da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	110
Figura 13 – Afloramentos rochosos da Formação Suíte Intrusiva Ipueiras	112
Figura 14 – Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO	115
Figura 15 – Em primeiro plano, pastagem sobre latossolos da Depressão do Tocantins e ao fundo a Serra João Damião	116
Figura 16 – Planalto Residual do Tocantins	117
Figura 17 – Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	118
Figura 18 – Obtenção semiautomática de dos valores de amplitude interfluvial	119
Figura 19 – Dissecação Horizontal da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO	121
Figura 20 – Obtenção semiautomática de dos valores de amplitude altimétrica	122

Figura 21 – Dissecação vertical da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO	124
Figura 22 – Exportando, editando e importando arquivo altimétrico ASCII-SPRING ...	125
Figura 23 – Sequencia de procedimentos para obtenção das classes de declividade	126
Figura 24 – Classes de declividade da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	128
Figura 25 – Solos da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	131
Figura 26 – Amontoado de “pedra canga” – concreções ferruginosas	135
Figura 27 – Voçoroca em latossolo às margens da estrada de acesso Silvanópolis-Ipueiras TO-458	136
Figura 28 – Argissolo exposto após desmatamento e preparo através de gradagem	137
Figura 29 – Ecótono cerrado	140
Figura 30 – Campo-Cerrado	141
Figura 31 – Fitofisionomias do Cerrado da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	142
Figura 32 – Vereda	143
Figura 33 – Infográfico: aspectos climáticos	148
Figura 34 – Temperatura, precipitação e clima	149
Figura 35 – Exemplo de operação de atribuição de valores de estab./vuln. aos PI temáticos (ponderação)	154
Figura 36 – Operação pontual de média para estimar a estab./vulner. para a bacia hidrográfica do Rio Formiga com PI MNT	156
Figura 37 – Unidades de Paisagem Natural da bacia hidrográfica do Rio Formiga	157
Figura 38 – Registro de PIs pelo método de aquisição por tela	169
Figura 39 - Realce de contraste no Spring a partir da Equalização de Histograma	170
Figura 40 – Composição falsa-cor utilizada para interpretação de imagens no Spring ...	172
Figura 41 – Etapas de classificação e edição matricial	174
Figura 42 – Chave de interpretação utilizada no processo de classificação de imagens .	177
Figura 43 – Remanescentes florestais – Cerradão	178

Figura 44 – Evolução temporal do uso/ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	179
Figura 45 – Operador mapa de distância para determinação de APP	183
Figura 46 – Extração de topos de morro conforme Conama n.303 no Spring	184
Figura 47 – Áreas de Preservação Permanente para a bacia hidrográfica do Formiga ...	185
Figura 48 – Tabulação cruzada usos conflituosos e esta./vuln. de áreas de preservação permanente	186
Figura 49 – Uso e ocupação da terra, est./vuln. a processos erosivos em áreas de APP..	188
Figura 50 – Cruzamentos realizados para o Zoneamento Ambiental através da LEGAL	191
Figura 51 - Zoneamento Ambiental para a bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO	193
Figura 52 – Mata ciliar e bancos de areia à margem direita no médio curso do Rio Formiga	195
Figura 53 – Paisagens predominantes da bacia hidrográfica do Rio Formiga	196

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Sistema taxionômico de classificação e representação da paisagem	45
Tabela 02 – Características dos satélites da série Landsat	78
Tabela 03 – Características e aplicações por banda do sensor MSS/Landsat 1/2/3	79
Tabela 04 – Características e aplicações e bandas do sensor TM/Landsat5	81
Tabela 05 – Informações básicas sobre o município de Ipueiras-TO	87
Tabela 06 – Informações básicas sobre o município de Silvanópolis-TO	90
Tabela 07 – Informações básicas sobre o município de Pindorama do Tocantins-TO .	92
Tabela 08 – Informações básicas sobre o município de Santa Rosa do Tocantins-TO .	94
Tabela 09 – Escala de vulnerabilidade/estabilidade aplicada às classes temáticas dos respectivos elementos que caracterizam a bacia hidrográfica	99
Tabela 10 – Características analisadas na avaliação da estabilidade/vulnerabilidade ...	102
Tabela 11 – Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns na bacia	113
Tabela 12 – Amplitude interfluvial, amplitude altimétrica, declividade e valores de vulnerabilidade/estabilidade	120
Tabela 13 – Classes de solos e seus respectivos valores de vulnerabilidade/estabilidade	138
Tabela 14 – Classes de vulnerabilidade/estabilidade para as fitofisionomias.....	144
Tabela 15 – Índice de vulner./estabil. para o clima da BH do Rio Formiga-TO.....	150
Tabela 16 – Classes temáticas analisadas	175
Tabela 17 – Evolução do uso/ocupação e cobertura da terra na BH do Rio Formiga-TO	180
Tabela 18 – Critérios adotados para o Zoneamento Ambiental	191

Lista de Quadros

Quadro 01 – Tabulação cruzada das classes de estabilidade/vulnerabilidade com as demais unidades da bacia	158
--	-----

Lista de Gráficos

Gráfico 01 – Área proporcional das classes de unidades de paisagem natural.....	163
Gráfico 02 – Evolução do uso e ocupação da terra na bacia.....	180
Gráfico 03 – Conflito de uso com áreas de preservação permanente	187
Gráfico 04 – Zoneamento ambiental: proporção das áreas na bacia.....	197

Sumário

1.0.INTRODUÇÃO	18
2.0. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1. Da Teoria Geral dos Sistemas a Paisagem integrada	23
2.2. A bacia hidrográfica célula dos estudos integrados da paisagem	53
2.3. Geoprocessamento e suas geotecnologias: contribuições à cartografia das unidades da paisagem na bacia hidrográfica	61
3.0. MATERIAIS E MÉTODOS	86
3.1. A área de estudo	88
3.2. Considerações metodológicas	95
3.2.1. Análise e diagnóstico	100
3.2.2. Zoneamento	103
3.3. Materiais cartográficos, <i>softwares</i> e produtos de sensoriamento remoto	104
4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES	108
4.1. Caracterização Geoecológica	108
4.1.1. Unidades geológicas	108
4.1.2. Unidades geomorfológicas	114
4.1.3. Unidades pedológicas	129
4.1.4. Unidades fitogeográficas	139
4.1.5. Aspectos climáticos	145
4.2. Identificando as Unidades de Paisagem Natural	150
4.3. Identificando polígonos de intervenção antrópica	166
4.4. Unidades Legais	181

4.5. Zoneamento ambiental	189
5.0. CONSIDERAÇÕES FINAIS	200
6.0. BIBLIOGRAFIA	202
Anexos	216

1.0. INTRODUÇÃO

No findar do Século XX, a história da sociedade humana é marcada pelo debate acerca das questões ambientais, fatos estes que repercutiram de maneira integral no escopo do conhecimento geográfico (Mendonça, 2001, pag. 115).

Frente a uma pressão antrópica crescente, urge a aplicação de estudos integrados da paisagem, que possam direcionar soluções e mesmo evitar problemas que tenham surgido em diferentes escalas de tempo e espaço. Nesse caminho, a Geografia, enquanto Ciência, tem buscado constantemente desvendar o Planeta Terra na sua dinâmica e configuração. Em sua evolução, tem instituído, de forma clara, suas categorias de análises e respectivas metodologias de análise.

Esta tese propõe um Zoneamento Ambiental de bacia hidrográfica sob a ótica da paisagem, adotando, como área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Rio Formiga no Estado do Tocantins, abrangendo áreas territoriais dos municípios de Ipueiras, Santa Rosa do Tocantins, Silvanópolis e Pindorama do Tocantins.

Oportuno e instigante, este trabalho se inscreve no âmago da Geografia e traz, para o debate, uma possibilidade metodológica da aplicação das atuais geotecnologias em estudos que levam em consideração uma das mais importantes categorias de análise geográfica, a Paisagem. Reforça ainda, a adoção da bacia hidrográfica, reflexo da dinâmica da paisagem, amplamente adotada como célula de análise.

Concorda com Christofolletti (1999, pag. 1) que “os procedimentos metodológicos utilizados na análise dos fenômenos estão relacionados com a natureza do objeto de estudo e

com a visão-de-mundo adotada pelo cientista. Ao lado da estrutura conceitual, há necessidade de que haja disponibilidade da instrumentação e efetiva ação analítica”.

Muito discutido, o conceito de paisagem pode ser considerado de formas variadas em diferentes disciplinas. Vários autores tem sido unânimes em conceituá-la como um sistema complexo e dinâmico, com constante interação entre os elementos naturais e culturais de influencia mútua, e com modificações ao longo do tempo e do espaço, determinando e sendo determinado pela estrutura global. A paisagem pode ser entendida numa concepção de paisagem geográfica e sistêmica, conforme escritos de autores como Bertrand (1972); Tricart (1977); Bernaldez (1981); Bolós i Capdvila *et all.* (1992); Benlloch (1993); Pinto-Correia *et. all.* (2001); Troppmair (2004); Bertrand & Bertrand (2007); Rodriguez *et all.* (2007). Sua compreensão implica em conhecer sua litologia, seu relevo, hidrografia, o clima, os solos, a vegetação, o uso da terra, bem como as inter-relações que aqui se engendram, resultando em uma realidade multifacetada.

Exemplo são os estudos integrados e concebidos na perspectiva sistêmica, inicialmente proposta pela Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig Von Bertalanffy em meados dos anos 1950. Aqui, a realidade estudada é vista como um sistema, que possui estrutura e elementos numa constante interação, organização, complexidade e totalidade. Este novo olhar abre caminho para a adoção do conceito de paisagem - como um novo horizonte epistemológico para a Geografia onde é abordado como categoria de análise - e para a adoção de técnicas do Geoprocessamento, como elo entre a teoria e o método geográfico.

Estudos de bacias hidrográficas, que anteriormente apresentavam um único foco, na atualidade envolvem um grande número de variáveis e abordagem complexa e dinâmica. Nessa assertiva, a bacia hidrográfica vem sendo considerada por Christofolleti (1979 e 1999), Mendonça (1993), Beltrame (1994), Espíndola *et all.* (2000), Tundisi (2003), Santos (2004); Silva *et all.* (2004); Vitte & Guerra (2004); Guerra & Cunha (1999 e 2004); Guerra *et all.*

(2005), entre outros autores, uma entidade geográfica ideal para estudos que visam a integração entre dados das atividades humanas e do meio físico-natural. Isso possibilita a aplicação de metodologias integradas para o estudo da paisagem.

O zoneamento ambiental de uma bacia hidrográfica nessa concepção pressupõe a integração de diversas informações a respeito de sua estrutura e funcionamento. Na grande maioria dos estudos de bacias os elementos estudados são representados por técnicas cartográficas, hoje amplamente difundidas a partir de *softwares* de sistemas de informação geográfica. Estes, por sua vez, integram o que ficou conhecido como geoprocessamento. No zoneamento ambiental o geoprocessamento se torna indispensável pelo seu grande potencial de integração e gerenciamento de dados espaciais e não-espaciais.

Procedimentos metodológicos e produtos na esfera das geotecnologias são aplicados na detecção, nas análises de diagnósticos e prognósticos, na confecção de cenários de riscos, potencialidades e conflitos, se configuram exemplos de extrema relevância para a sociedade no uso dos recursos naturais. São claras as tentativas de agregar dados e subsidiar a análise, planejamento e gestão ambiental.

Os questionamentos deste trabalho suscitam as seguintes hipóteses que respondem provisoriamente estas questões:

- As bacias hidrográficas são unidades ambientais de análise que possibilitam uma visão holística e sistêmica e que podem ser apreendidas a partir da perspectiva da categoria de análise da Paisagem.
- O Geoprocessamento e suas geotecnologias possibilitam o desenvolvimento de metodologias para o entendimento da paisagem a partir da composição de um banco de dados geográficos georreferenciados, levando-nos a identificar, mensurar e qualificar os elementos que constituem a paisagem.

- Os elementos que caracterizam a estrutura e engendram os processos na paisagem apresentam restrições e/ou potencialidades à ocupação antrópica.
- O zoneamento ambiental, com seus mapas e textos sínteses da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO, poderão subsidiar ordenamento da área, visando uma ocupação racional dos espaços.

Estabelece-se, como objetivo geral da tese, compreender as teorias acerca da visão (geo) sistêmica em bacias hidrográficas e a aplicação de proposta metodológica de zoneamento ambiental levando em consideração o conceito de paisagem.

Como objetivos específicos têm-se:

- a) identificar e mapear os elementos da paisagem da bacia;
- b) investigar a estabilidade e vulnerabilidade da bacia a partir de um banco de dados geográfico;
- c) reconhecer na área proposta de estudo mudanças/evoluções no espaço e no tempo quanto ao uso/ocupação e cobertura da terra a partir de técnicas do sensoriamento remoto;
- d) zonear a bacia hidrográfica em áreas potenciais a ocupação humana, áreas com restrições naturais e/ou legais, levando em conta suas características naturais bem como os aspectos legais vigentes.

Assim a tese fica estruturada da seguinte forma. No primeiro capítulo a fundamentação teórica traz um resgate histórico-epistemológico das teorias acerca da visão integrada, sistêmica e holística de analisar o ambiente e a sociedade. Inicia-se com a Teoria Geral dos Sistemas na década de 50, passando por conceitos de geossistema e paisagem. Conceitua-se a bacia hidrográfica frente a evolução destas categorias de análise e justifica a utilização da bacia hidrográfica como célula dos estudos integrados da paisagem. Traz ainda a discussão acerca das novas geotecnologias e quais contribuições estas trazem à cartografia das unidades da paisagem na bacia hidrográfica.

No segundo capítulo, com os materiais e métodos, inicia-se o estudo da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga seguindo o tripé metodológico Análise, diagnóstico e zoneamento ambiental. Discute-se e aplica-se metodologia de zoneamento ambiental. A fase analítica constitui o passo básico dos estudos da paisagem, assim é realizado um levantamento de dados e informações sobre as características da estrutura geoecológica da área, incluindo-se aqui os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, fitogeográficos e climáticos, e verificado a contribuição de cada um destes elementos na configuração da paisagem.

No terceiro capítulo, parte-se dos dados e resultados encontrados nos procedimentos de análise, diagnóstico e zoneamento ambiental, onde são identificadas as Unidades de Paisagem Natural, que junto com os polígonos de intervenção antrópica e áreas de preservação permanentes constituem as Unidades Territoriais Básicas, discutindo-as a partir de sua estabilidade/vulnerabilidade. Ainda, estabelece-se um zoneamento ambiental para a área, identificando as Unidades da Paisagem conforme a configuração atual. O zoneamento da bacia hidrográfica consiste na última etapa analítica da tese, e zoneia a bacia hidrográfica em Paisagem Produtiva Consolidada e Paisagem crítica ambiental. Todos os procedimentos metodológicos são aplicados na composição de um banco de dados geográfico, constituídos com o *software* Spring/INPE, que possibilitou inúmeras operações de modelagem com dados da bacia.

Por fim, as Considerações Finais apresenta observações relevantes sobre a teoria, método e resultados encontrados por este trabalho de pesquisa, os problemas do percurso, bem como as recomendações/sugestões a partir do zoneamento ambiental construído.

2.0. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Da Teoria Geral dos Sistemas a Paisagem integrada

La naturaleza es “lo que crece y se desarrolla perpetuamente, lo que sólo vive por un cambio continuo de formas y de movimiento interior” (Humboldt, 1874)

A teoria geral dos sistemas (“*General systems theory*”) foi inicialmente desenvolvida nos Estados Unidos, devendo-se a R. Defay, em 1929, e a Ludwig von Bertalanffy, a partir de 1932 (CHRISTOFOLETTI, 1978).

Sobre sua teoria, Bertalanffy (1973, pag. 7) coloca que “consiste numa ampla concepção que transcende de muito os problemas e exigências tecnológicas, é uma reorientação que se tornou necessária na ciência em geral”. O autor frisa, “é uma concepção operatória, com graus variáveis de sucesso e exatidão, em diversos terrenos, e anuncia uma nova compreensão do mundo, de considerável impacto”. Reforçando a importância da teoria recém-organizada, Bertalanffy (pag. 23) cita Ackoff (1959) que diz

Nas últimas duas décadas assistimos à emergência do “sistema” como conceito-chave na pesquisa científica. Evidentemente, os sistemas já eram estudados há séculos mas algo novo foi agora acrescentado... A tendência a estudar os sistemas como uma entidade e não como um aglomerado de partes está de acordo com a tendência da ciência contemporânea que não isola mais os fenômenos em contextos estreitamente confinados, mas abre-se ao exame das interações e investiga setores da natureza cada vez maiores. Sob a égide da *pesquisa dos sistemas* (e seus numerosos sinônimos) assistimos também à convergência de muitas criações mais especializadas da ciência contemporânea... Esta pesquisa prossegue e muitas outras estão sendo entrelaçadas em um esforço conjunto de investigação, que envolve um espectro cada vez mais amplo de disciplinas científicas e tecnológicas. Estamos participando do que é provavelmente o mais amplo esforço para chegar a uma síntese do conhecimento científico como jamais foi feita.

Certamente, a década de 50 marca o auge de sua aplicação à ciência em geral. O método sistêmico foi adotado na Geografia com o objetivo de promover uma análise integrada da natureza. A concepção sistêmica revoluciona a pensamento científico ocidental, deixando suas marcas até os dias atuais.

Antes desse fato, coloca Christofolletti (1979) citado por Rodriguez *et. all.* (2007), “algumas ideias geográficas têm sido por essência sistêmicas”. Alguns geógrafos buscaram construir um conhecimento mais conjuntivo, e tomaram como referência a abordagem sistêmica.

Para Chorley & Hagget (1974, pag. 92) “a análise de sistemas [...] proporciona à Geografia uma metodologia unificadora, e usando-a, a geografia não fica mais afastada da corrente principal do progresso científico”. Complementando, Christofolletti (1978, pag. 1) salienta que a “aplicação da teoria dos sistemas aos estudos geográficos serviu para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo desta ciência, além de propiciar oportunidade para reconsiderações críticas de muito dos seus conceitos”.

Branco (1999, pag. 67, 69) resgata que o termo sistema “origina-se da combinação de dois radicais gregos: *syn*, que corresponde ao *cum* latino e significa ‘junto’, ‘associado’; e *thesis*, com significados de ‘composição’, ‘união’.” Para o autor seu sentido fundamental é o de síntese, “conjunto unificado, constituído de partes solidárias, de alguma forma articuladas entre si e não reunidas ao acaso”. Explica ainda que o sistema, “como um modelo estrutural e funcional de um princípio muito mais amplo e extenso, adquire as características de *unidade funcional*. Sua dimensão mínima é a de uma organização capaz de funcionar por si só”. Assim, conforme o autor, um sistema é formado por vários subsistemas, estes, por sua vez, um “sistema menor com funcionamento autônomo”.

Christofolletti (1979, pag. 1) define o sistema como sendo:

[...] um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra ‘conjunto’ implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlada, [...], condicionada ou dependente do estado das outras unidades. Desta maneira, o conjunto encontra-se organizado em virtude das inter-relações entre as unidades, e o seu grau de organização permite que assuma a função de um todo que é maior que a soma das suas partes.

Para Rodriguez (2007, pag. 41),

a concepção sistêmica consiste em uma abordagem em que qualquer diversidade da realidade estudada (objetos, propriedades, fenômenos, relações, problemas, situações, etc.) pode-se considerar como uma unidade (um sistema) regulada em um outro grau que se manifesta mediante algumas categorias sistêmicas, tais como: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc.

Troppmair (2004, pag. 3) coloca que a visão sistêmica apresenta uma série de critérios, e os lista como sendo:

- a) O primeiro e mais geral afirma: “... é a visão de mudança das partes para o TODO... as propriedades essenciais ou sistêmicas são propriedades do TODO que nenhuma das partes possui. Elas surgem das relações da Organização”.
- b) Um segundo critério chave é: “A capacidade de deslocar a própria atenção de um lado para outro entre diferentes níveis sistêmicos... portanto, diferentes níveis sistêmicos representam níveis de diferentes complexidades”.
- c) O terceiro critério afirma: “...as propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do TODO MAIOR... aquilo que denominamos parte é um padrão numa teia inseparável de relações (Capra, 1996, 46) – (TROPPMAIR, 2004, pag. 3).

Para Christofolletti (1979, pag. 1), a partir das definições de sistema, estes devem ter “*elementos ou unidades* – que são as suas partes componentes; *relações* – os elementos integrantes [...] encontram-se inter-relacionados, um dependendo dos outros, através de ligações que denunciam fluxos”. Ainda, possuem *atributos* – qualidades que os qualificam e os caracterizam (comprimento, área, volume, características da composição, densidade...).

Com entrada (*input*) e saída (*output*) de matéria, energia e informação, conforme ilustra a **Figura 01**.

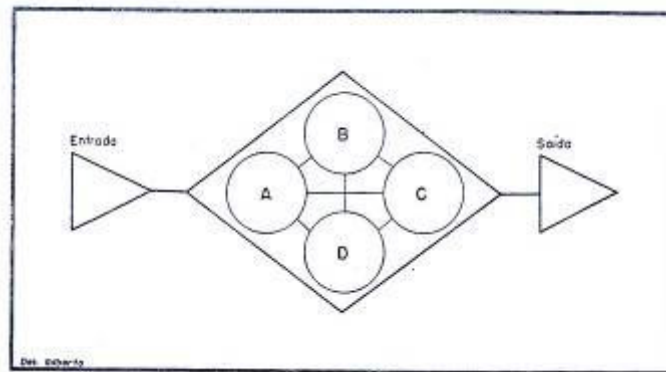


Figura 01 – Representação esquemática de um sistema, assinalando os elementos (A, B, C e D) e suas relações, assim como o evento de entrada e o produto de saída (CHRISTOFOLETTI (1979, pag. 2).

Branco (1999, pag. 77) a partir de Durand (1979) apresenta 4 conceitos fundamentais que regem a análise sistêmica: (1) A *interação* entre os elementos do sistema é a ação recíproca que modifica o comportamento ou a natureza desses elementos, como relação causa-efeito, relação temporal, retroação, interação direta que cria ciclos longos e complexos (2). A *totalidade*: um sistema não é uma soma de elementos, é um todo não redutível às suas partes, é mais que uma forma global: implica o aparecimento de qualidades emergentes as quais não existiam nas partes. Isso implica a noção de hierarquia nos sistemas – dos simples aos complexos. (3) A *organização*, considerada o conceito central da sistêmica, é definida por Durand como o “arranjo de relações entre componentes ou indivíduos, produzindo uma nova unidade, possuidora de propriedades não contidas nos componentes”. Consideram-se aqui os aspectos *estrutural* e *funcional* do sistema, bem como certa *estabilidade*. (4) A *complexidade*, depende do número de elementos e numero de tipos de relações ligando, entre si, os elementos do sistema. O sistema complexo se caracteriza por uma grande variedade de

componentes, arrançados segundo diferentes níveis hierárquicos e interconectados por uma variedade de ligações funcionais e estruturais.

Christofolletti (1999, pag. 2) sugere os conceitos de ‘unidade’, ‘totalidade’ e ‘complexidade’, como oportunas no entendimento da concepção de sistema. Para o autor

A unidade representa a qualidade do que é um, único, só ou sem partes, sendo tudo o que pode ser considerado individualmente. A unidade constitui o componente indivíduo, mas não significa que seja simples. A harmonia de conjunto estabelece-se como norma de caracterização, podendo inclusive ser composto por agrupamento de seres individuais considerados pelas relações mútuas que existem entre si, por seus caracteres comuns, por sua mútua dependência. Nesse contexto, as unidades areais ou os lugares são entidades individualizadas, únicas, em sua ocorrência (CHRISTOFOLLETTI, 1999, pag. 2).

A *totalidade* aplica-se às entidades constituídas por um conjunto de partes, cuja interação resulta numa composição diferente e específica, independente da somatória dos elementos componentes. O todo assume uma estrutura e funcionalidade diferenciada dos seus subcomponentes. Em novo nível hierárquico, cada componente do todo possui características específicas, podendo ser considerado como unidade, sendo também analisada como uma totalidade. A noção sempre envolve o contexto do *todo*, em seu nível hierárquico e na categoria classificatória, constituindo-se em uma entidade unitária, individualizada (CHRISTOFOLLETTI, 1999, pag. 3).

Intrínseco a totalidade, exposta por Christofolletti (1999, pag. 3), “encontra-se a concepção e a análise da *complexidade*. Os sistemas complexos apresentam diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação compondo uma entidade organizada [...], que possuem suas próprias leis, podendo ser simples e coerentes”.

Ao considerarmos a totalidade, resgatamos o conceito de *holismo*, explicado por Bolós i Capdevila *et. all.* (1992, pag. 8):

J. Ch. Smuts, [...], creador de una doctrina que aportaría una clarificación fundamental acerca de las características de los conjuntos o unidades que se forman en la superficie terrestre. Esta doctrina se denomina “holismo” [...] según la cual el universo, y también sus partes constituyentes, tienen tendencia a originar unidades que forman un todo (*holos*, palabra griega que significa totalidad) de complicación creciente. En ellas participan la materia inerte, la materia viva y la “materia pensante” (el hombre). Estas unidades globales no se reducen nunca a la suma de sus elementos constituyentes, puesto que éstos aparecen dispuestos, interconectados, estructurados, de una determinada manera. Estas unidades integradas, [...], se inscriben unas dentro de otras formando conjuntos de complicación creciente cuya disposición mantiene cierta similitud [...].

A fraseologia sistêmica, explica Reis Júnior (2005, pag. 1612), pareceu aos “físicos ter aplicabilidade nas situações em que o objeto que estivessem inquirindo se permitisse enxergar: 1) hierarquizado; 2) sujeito a fluxos de entrada e saída e ou 3) devendo sua organização a um mútuo condicionamento de variáveis”.

Considerando as entradas e saídas de energia e matéria, os sistemas são classificados em:

- *abiertos*, o sea, aquellos en los que se produce una entrada de estímulos del exterior (energía, materia) que los mantienen a un determinado nivel de funcionamiento. A esta categoría pertenecen prácticamente todos los sistemas naturales e sociales;
- *cerrados*, si no existe ninguna aportación exterior de materia y el sistema se desarrolla exclusivamente gracias al intercambio de energía;
- o *aislados*, si no existe con el mundo ningún intercambio de materia ni de energía (BOLÓS I CAPDEVILA *et all.*, 1992, pag. 32).

Ainda, Bolós i Capdevila *et. all.* (1992, pag. 33) elenca os princípios básicos dos sistemas segundo a teoria geral como sendo: a) o *caráter multivariável*, onde o número de variáveis de um sistema é normalmente elevado, e aumenta em relação com o nível de integração; b) o *caráter global e de totalidade*, sendo que o primeiro nos oferece um sistema de elementos inter-relacionados que corresponde a totalidade, na concepção de Smuts, citada anteriormente; A globalidade ou unidade é mantida graças a ação de reciprocidade dos elementos ou das partes componentes; c) os *níveis de estruturação*, que conduzem a sistemas de ordem diferente, mais ou menos complexos. Hierarquizados, o que implica numa relação funcional entre os diferentes níveis de complexidade; d) os *sistemas são dinâmicos*, o que é proporcionado a partir de diferentes formas e intensidade de entradas e saídas de matéria e energia que afetam diretamente alguns elementos e relações, e indiretamente a todo o sistema, e desencadeiam um conjunto de mudanças e modificações.

Os estudos na perspectiva da análise ecológica, geográfica e ambiental, expõe Christofolletti (1999, pag. 1), tem considerado a complexidade do sistema e o estudo de suas partes componentes. Há necessidade da abordagem holística para “compreender como as

entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se como estruturas espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de aninhamento”. Ainda, explica o autor, “simultânea e interativamente há a necessidade de focalizar os subconjuntos e partes componentes em cada uma delas, a fim de melhor conhecer seus aspectos e as relações entre eles”. Incita, aqui, a abordagem reducionista “como básica na pesquisa dos sistemas ambientais, sem contraposição com a holística”.

Nesse mesmo raciocínio, Branco (1999, pag. 68) coloca que “a abordagem sistêmica – quer no terreno puramente conceitual, filosófico, quer o material – não pode rejeitar o processo analítico como ferramenta de trabalho que permita reconhecer a identidade e as propriedades de cada um de seus elementos em particular”. Alerta o autor: “caso contrário, as próprias relações entre esses elementos – que constituem a própria essência do sistema – tornar-se-iam hipotéticas e dogmáticas”.

Bertalanffy (1973, pag. 37) já mencionava que “o problema do sistema é essencialmente das limitações dos problemas analíticos na ciência [...]” Bertalanffy explica que o “procedimento analítico significa que uma entidade pode ser estudada resolvendo-se em partes e por conseguinte pode ser constituída ou reconstituída pela reunião destas partes”. Sua aplicação “depende de duas condições. A primeira é que as interações entre as ‘partes’ ou não existam ou sejam suficientemente fracas para poderem ser desprezadas nas finalidades de certo tipo de pesquisa. Só com essa condição as partes podem ser ‘esgotadas’ real, lógica e matematicamente [...]”. Vê-se, portanto, nos escritos de Bertalanffy, que, o que muda com a aplicação da teoria geral dos sistemas, entre outros, é a valorização substancial das então “desprezadas” interações.

Não existe oposição entre a perspectiva reducionista e holística, coloca Christofolletti (1999, pag. 4). “Elas complementam-se e se tornam necessárias aos procedimentos de análise em todas as disciplinas científicas. O fundamental é sempre estar ciente da totalidade do sistema abrangente, da complexidade que o caracteriza e da sua estruturação hierárquica”.

Bertalanffy (1973, pag. 62) “indica os principais propósitos da teoria geral dos sistemas” como sendo:

- 1) Há uma tendência geral no sentido da integração nas várias ciências, naturais e sociais;
- 2) Esta interação parece centralizar-se em uma teoria geral dos sistemas;
- 3) Esta teoria pode ser um importante meio para alcançar uma teoria exata nos campos não físicos da ciência;
- 4) Desenvolvendo princípios unificadores que atravessam “verticalmente” o universo das ciências individuais, esta teoria aproxima-nos da meta da unidade da ciência;
- 5) Isto pode conduzir à integração muito necessária na educação científica.

Rodriguez *et. all.* (2007, pag. 42) ressaltam que é “condição fundamental para utilizar o enfoque sistêmico é a necessidade de realizar uma observação sequencial e dirigida dos princípios de sistematicidade em todos os níveis da investigação científica”. Para os autores “o enfoque científico converte-se em um estilo peculiar de pensamento, ao mesmo tempo, sua utilização pressupõe que, conforme cita Solntsev (1981)”:

- O objeto estudado seja um todo ou uma formação integral;
- As funções (sobre a base do intercambio dos fluxos de energia, matéria e informação) atuem como um todo;
- Existam qualidades próprias ao sistema que não sejam inerentes aos elementos que o formam;
- Os elementos e o sistema subordinam-se as leis comuns.

Para Rodriguez *et. all.* (2007, pag. 43) “a utilização do enfoque sistêmico, como um conjunto de métodos lógicos regulados do conhecimento da realidade, tem uma gama de vantagens de caráter científico”, citadas a seguir:

- Possuir um aparato conceitual diverso, constituído de categorias formuladas com relativa exatidão;
- Permitir objetivamente distinguir o objeto estudado do meio circundante, dividi-lo em uma série de níveis de complexidade e distinguir estes níveis em termos de enfoque sistêmico;
- Facilitar a criação de um modelo de partida do objeto sobre cuja base elabora-se o programa de um estudo, sob a forma de operações de investigação.

Grigoriev (1993, pag. 71) já mencionava que “estudos sobre as partes componentes do estrato geográfico têm revelado que a sua estrutura e evolução são tão profundamente interconectadas e inter-relacionadas que formam um todo inseparável, um peculiar fenômeno natural, com leis próprias de estrutura e evolução”.

Este novo olhar abre caminho na Geografia para trabalhar o conceito de paisagem a partir da abordagem sistêmica e se estabelece como um novo horizonte epistemológico influenciando diversas áreas de estudos relacionadas ao meio ambiente. Desta forma, o conceito de paisagem se direciona para a abordagem sistêmica, onde todos os elementos fazem parte da natureza. Deixou-se de lado o aspecto fisionômico e passou-se a trabalhar as trocas de matérias e energia dentro do sistema (complexo físico-químico e biológico), como enfocam Guerra & Cunha (2006).

Na incorporação da Teoria Geral dos Sistemas pela Geografia – em seu corpo teórico-metodológico –, o foco de seus estudos passa a ser a paisagem em sua dinâmica, funcionalidade e organização. Direciona, segundo Troppmair (2004, pag. 2), para uma “sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos como um potencial a ser utilizado pelo homem”.

Como uma exigência, Carl Troll (1996, pag. 1) coloca que, “de um geógrafo moderno se espera [...] capacidade em explicar uma paisagem baseando-se em suas características e em fazer compreensível a concordância causal de suas diversas partes”. Para o autor “com a paisagem a geografia encontrou seu objeto próprio” e, explica, “a tendência é cada vez maior

em se considerar a paisagem como uma unidade orgânica e estudá-la no ritmo temporal e espacial de seus numerosos e diversos fatores”.

Aziz Ab’Sáber em seu livro *Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas* (Ab’Sáber, 2003, pag. 9) coloca que

Todos os que se iniciam no conhecimento das ciências da natureza – mais cedo ou mais tarde, por um caminho ou por outro – atingem a idéia de que a paisagem é sempre uma *herança*. Na verdade, ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades (pag. 09). [...] é indispensável ressaltar que as nações herdaram fatias – maiores ou menores – daqueles conjuntos paisagísticos de longa e complicada elaboração fisiográfica e ecológica. Mais do que simples *espaços territoriais*, os povos herdaram paisagens e ecologias, pelas quais certamente são responsáveis, ou deveriam ser responsáveis. Desde os mais altos escalões do governo e da administração até o mais simples cidadão, todos têm uma parcela de responsabilidade permanente, no sentido da utilização não predatória dessa herança única que é a paisagem terrestre. Para tanto, há que conhecer melhor as limitações de uso específico de cada tipo de espaço e paisagem. Há que procurar obter indicações mais racionais, para preservação do equilíbrio fisiográfico e ecológico (pag. 10).

As paisagens geográficas são manifestações locais das leis gerais físico-geográficas associadas às características locais do relevo, da litologia, meso e microclima, do regolito e outros fatores semelhantes. As paisagens se desenvolveram como resultado de interações das dinâmicas da camada externa, interna do estrato geográfico, bem como da atuação da sociedade no percurso de seu desenvolvimento (GRIGIRIEV, 1993).

Bertrand (1972, 2007), renomado pesquisador da Paisagem, ao conceituá-la nos explica que

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. A dialética tipo-indivíduo é próprio fundamento do método de pesquisa.

Vitte (2007, pag. 72) comenta que

a temática relativa ao conceito de paisagem e seu tratamento na Geografia, acumula ao longo dos tempos uma série de polêmicas envolvendo uma enorme diversidade de conteúdos e significados. Esta *elasticidade* demonstra, na realidade, uma complexização do conceito, em função de como o mesmo foi tratado pelas várias correntes na Geografia, moldadas cada qual em um determinado contexto histórico e cultural. Isso significa dizer que uma discussão sobre a categoria paisagem remete-nos ao processo de institucionalização da geografia como ciência, ciência essa que elege a superfície da Terra em seus aspectos físicos e humanos como campo de estudo. Assim, o objetivo da Geografia seria o de produzir uma *imagem* sintética da Terra, na qual a cultura e natureza formariam um conjunto integrado, articulado e espacialmente diferenciados na superfície do planeta. Estes conjuntos poderiam ser caracterizados como sendo paisagens, regiões ou lugares, cada qual com sua *personalidade*.

Com uma dinâmica espaço-tempo, Pedrotti & Martinelli (2001, pag. 40) explicam que “a paisagem é também a forma espacial do presente, porém testemunho, de formas passadas que ainda persistem ou não”. Para estes autores a paisagem revela “um dinamismo diacrônico, confirmando a evolução estrutural do processo espacial, demonstrando fases que poderão ser de estabilidade, de reformulação parcial ou de completa remodelação, engendrando novos espaços”.

Rodriguez *et. all.* (2007, pag. 47) salientam que “o desenvolvimento do enfoque sistêmico em Geografia tem dado lugar à formulação da noção espacial de geossistema (sistemas territoriais ou sistemas geográficos)”.

A geograficidade de tais sistemas tem sido conceituada nos seguintes pontos de vista:

- Estudo prioritário das relações entre a natureza, a sociedade e a economia;
- Análise da forma geográfica de movimento da matéria;
- Subordinação a objetos geográficos determinados (bacias, cursos de água, vertentes, etc.);
- Submissão ao espaço e ao território (de caráter multidimensional) (RODRIGUEZ *et. all.*, 2007, pag. 47).

O objetivo do estudo da Geografia e da paisagem para Bolós i Capdevila *et. all.* (1992) deve ser visto como uma realidade integrada, onde os elementos abióticos, bióticos e antrópicos aparecem associados de tal maneira, que os conjuntos podem ser trabalhados como um modelo de sistema. Com a análise sistêmica no estudo da paisagem, a geografia se amolda e adapta a essa tendência através do estudo do geossistema, que corresponde a um modelo teórico, não existindo na prática e correspondendo a uma construção mental e subjetiva da realidade.

Corroborando esta forma com Bertalanffy (1950) citado em Orellana (1985, pag. 126), uma vez que, “distinguir um sistema dentro do universo é um ato mental (abstração), cuja ação procura abstrair o referido sistema da realidade envolvente” e, ainda “depende da capacidade intelectual e da percepção ambiental apresentada pelo pesquisador”.

Desta forma, para entender o geossistema, é preciso reafirmar que essa teoria “faz parte de um conjunto de tentativas ou de formulações teórico-metodológicas da Geografia Física, surgidas em função da necessidade de a Geografia lidar com os princípios de *interdisciplinaridade*, *síntese*, com a *abordagem multiescalar* e com a *dinâmica*, fundamentalmente, incluindo-se prognoses a respeito desta última”, explica Rodrigues (2001, pag. 72).

Demek (1978) citado por Oliveira (1983, pag. 68) caracteriza a paisagem como um geossistema pelos seguintes aspectos: “posição na superfície da terra; limites definidos; aspectos externos específicos; estruturas específicas e relações de *feedbacks* entre subsistemas abióticos, solo, bióticos e sócio econômicos; balanço específico de energia; desenvolvimento acima do espaço e tempo dependendo dos *inputs* e *outputs* variáveis de massa e energia no geossistema”.

Igualmente para Rodriguez *et. all.* (2007, pag. 8)

a paisagem natural se concebe como um geossistema, o qual define-se como o espaço terrestre de todas as dimensões, onde os componentes da natureza encontram-se em relação sistêmica uns com os outros, e como uma integridade definida interagindo com a esfera cósmica e a sociedade humana. Conceber a paisagem como um sistema significa ter uma percepção do todo, compreendendo as inter-relações entre as partes no sistema.

Rodriguez & Silva (2002, pag. 97) resgatam nos anos 80 do século XX que a Geografia Física das Paisagens passa a ser considerada como Ecogeografia ou Geoecologia. Explicam que “a Ecogeografia foi desenvolvida principalmente pela escola de Jean Tricart”, e que, na época, apresentou as unidades ecodinâmicas e, estas, foram consideradas como sistemas ambientais por excelência, porém, privilegiando o relevo e a geomorfologia na análise, esqueceu-se “a totalidade natural”.

Como paisagem integrada, Bolós i Capdevila *et. all.* (1992) definem como uma área geográfica, unidade espacial, cuja morfologia agrega uma complexa inter-relação entre litologia, estrutura, solo, flora e fauna, sob a ação constante da sociedade, que a transforma. Corresponde, portanto, ao espaço geográfico onde as intervenções da sociedade alteram-se ao longo do tempo e sua dinâmica e evolução são determinados por processos históricos e naturais.

Sauer (1925), citado em Christofletti (1999, pag. 39), conceitua a paisagem em seu trabalho intitulado *The Morphology of Landscape*, como “um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendida pela análise morfológica”. Seu conteúdo, “é constituído pela combinação de elementos materiais e de recursos naturais, disponíveis em um lugar, com as obras humanas correspondendo ao uso que deles fizeram os grupos culturais que viveram nesse lugar”. Para Sauer, há “uma interdependência entre esses diversos constituintes, e não de uma simples adição, e que se torna conveniente considerar o papel do

tempo, explicitando que [...] a paisagem tem uma forma, uma estrutura, um funcionamento e uma posição no sistema, e que ela está sujeita ao desenvolvimento, mudanças, aperfeiçoamento”.

Sobre o uso da Paisagem, Benson & Roe (2007, pag. 3) colocam que

The term is now used in a wider sense to mean a tract of land shaped over time by geological and biological processes and by human occupation and agency and by human imagination. The essence and unifying value of the concept is the way in which it signifies and captures both natural and cultural features and values, with a special emphasis on the relationships between these.

Deffontaines citado por Tricart (1981, pag. 8) propôs a seguinte definição de paisagem:

“A paisagem é o suporte de uma informação original sobre numerosas variáveis relativas notadamente aos sistemas de produção e cuja sobreposição ou vizinhança, revelam ou sugerem interações”.

Tricart (1981, pag. 9) modifica a formulação conceitual de paisagem proposta por Deffontaines atribuindo-lhe uma dimensão lógica de análise de sistema. Confere a paisagem como “uma porção do espaço perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e invisíveis e *interações* as quais, num *dado* momento, não percebemos senão o resultado global”.

“Bertrand discorda de que a paisagem física seja um elemento estável”. O autor adota em suas análises o que chama de “*relação dialética* dos elementos físicos, biológicos e antrópicos”, procurando “imprimir ao conceito de paisagem [...] as inter-relações mútuas em ‘perpétua evolução’, embora mantendo sua unidade, isto é, sua característica ou ‘conjunto único’. Deixando claro a adoção da “dialética como método de investigação da paisagem”, uma dialética de “relações recíprocas e de movimento transformador”, coloca Nimer (1983, pag. 96).

Para Pedrotti & Martinelli (2001, pag. 41) “qualquer paisagem, por mais simples que seja, é sempre social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica”. Consequentemente “para sua completa apreensão, não basta a análise separada de seus elementos. É preciso compreender sua complexidade, que é dada pela forma, estrutura e funcionamento”.

“A polissemia da noção de paisagem apresenta a possibilidade de leitura da expressão da interação sistemas naturais-sociais através da abordagem sistêmica”, afirmam Dias & Santos (2007). Para estes autores, “essa proposta desempenha um papel epistemológico, prático e de grande importância na análise da construção da paisagem”.

Para Espino (1999) “las concepciones sistémicas conciben el paisaje, natural o antropizado, como un sistema territorial complejo, y proponen nuevas formas de aproximación que permitan un análisis integrado”.

Para Troppmair (2004, pag. 8) há muito tem se discutido sobre o termo Paisagem, sendo aceito por alguns autores e rejeitados por outros. O que consideramos é que a “PAISAGEM é um fato concreto, um termo fundamental e de importante significado para a GEOGRAFIA pois a **paisagem é a fisionomia do próprio Geossistema**”.

Geossistemas, para Christofolletti (1999, pag. 37), são “também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos)”. Desta forma, “possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionamento através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre os seus componentes”.

Para Monteiro (2001), o geossistema emerge como novo paradigma. O autor é enfático ao dizer que, certamente, é uma proposta “geográfica” que não pretende ser confundida com aquela – bem mais conhecida e já universalizada – de “ecossistema”. Deixa claro que o

geossistema e sua análise são uma tentativa de melhoria na investigação da Geografia Física, e, que a modelização nos geossistemas à base de sua dinâmica espontânea e antropogênica e do regime natural a eles correspondente visa, acima de tudo, promover uma maior integração entre o natural e o humano.

Bolós i Capdevila *et. all.* (1992, pag. 36) considera que o geossistema “corresponde a la aplicación del concepto sistema y a la concepción sistémica del paisaje. El geosistema, [...] es una abstracción, un concepto, un modelo teórico del paisaje”, e elenca o que chamou de seus “elementos fundamentales”:

El subsistema abiótico, que comprende los elementos (a su vez sistemas) no dotados de vida (los litológicos, el aire y el agua), los cuales contribuyen muy particularmente a definir y a estructurar el sistema por ser los elementos más invariables.

El subsistema biótico, constituido por elementos dotados de vida (la flora, la fauna y el hombre como elemento vivo) y que presenta con los demás un tipo de interrelaciones parecidas, ya que forma parte de las cadenas tróficas. El conjunto corresponde exactamente al ecosistema de los ecólogos. Estos elementos vivos son en gran medida colectores de información y, por consiguiente, nos ofrecen una visión muy concreta del estado de funcionamiento del geosistema.

El subsistema organizado por el hombre, ser dotado de inteligencia y capacidad de reflexión, es decir, el subsistema antrópico, constituido por los artefactos necesarios para la vida económica y social (BOLÓS I CAPDEVILA *et. all.*, 1992, pag. 36).

Sotchava (1977) citado em Christofolletti (1999, pag. 42) introduz o termo geossistema “com a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas”.

Sotchava (1978) citado por Ross (2006, pag. 24) coloca que o termo geossistema não pode ser entendido como ecossistema. Sotchava deixa claro que Ecossistemas de biocenose são complexos monocêntricos ou biocêntricos, nos quais o ambiente natural e suas bases abióticas são examinados do ponto de vista de suas conexões com os organismos. O autor friza, ainda, que o conceito de ecossistema é biológico. Já o geossistema, “abrange

complexos biológicos, são policêntricos, e não tomam um [...] único componente da natureza como referencia, envolvendo a totalidade dos componentes naturais na perspectiva de suas conexões, inter-relações de dependências mútuas e de seus aspectos funcionais, sendo de espectro mais amplo do que a concepção ecossistêmica”.

Sobre o ecossistema, Bertrand (1972, pag. 6) explica que o mesmo “não tem nem escala nem suporte espacial bem definido”. Desta forma, salienta o autor, “é melhor renunciar a reajustar a taxionomia biogeográfica e escolher livremente unidades geográficas globais adaptadas ao estudo da paisagem”.

O geossistema para Passos (2008) “se diferencia claramente do ecossistema pelo fato da sua territorialização e da sua antropização, ou seja, o geossistema é um conceito não somente especializado, mas também territorializado, isto é, com toda uma carga de história humana”.

Na concepção de Bertrand (1972, pag.14) o geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. É concebido a partir “da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura,...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo,...)”. É o “potencial ecológico” do geossistema. Ainda, coloca o autor

O geossistema se define por um certo tipo de exploração biológica do espaço [...]. O geossistema esta em estado de climáx quando há um equilíbrio entre om potencial ecológico e a exploração biológica. Com efeito, o geossistema é um complexo essencialmente dinâmico mesmo num espaço-tempo muito breve [...]. O climáx está longe de ser sempre realizado. O potencial ecológico e a ocupação biológica são dados instáveis que variam tanto no tempo como no espaço (BERTRAND, 1972, pag. 14).

Christofoletti (1999, pag. 41) menciona que há uma necessidade de “que os elementos do geossistema surjam ocupando territórios, que sejam visualizados em documentos tais como

fotos aéreas, imagens de radar e de satélites e outros documentos, sendo sensíveis à observação visual”. Assim,

... a topografia, a vegetação, os solos e as águas preenchem tais requisitos, mas o clima não é componente materializável e visível na superfície terrestre, embora seja perceptível e contribua significativamente para se sentir e perceber as paisagens. Todavia, o clima é fator fundamental para o geossistema pois constitui o fornecedor de energia, cuja incidência repercute na quantidade disponível de calor e água. O clima surge como o controlador dos processos e da dinâmica do geossistema, mas não como elemento intrínseco e integrante na visualização da organização espacial. Essa noção pode ser operacionalizada sob diversas grandezas na escala espacial (CHRISTOFOLETTI, 1999, pag. 41).

Christofoletti (1999, pag. 45) relata que, “como os geossistemas possuem grandeza territorial, a caracterização espacial torna-se aspecto inerente. Por essa razão, é preciso que se faça o estudo analítico da morfologia e do funcionamento dessas unidades”. Em contrapartida, continua Christofoletti, estes “como sistemas abertos, possuem relacionamentos com outros sistemas, sendo também necessário conhecer as relações internas entre os componentes e as interações entre sistemas diferenciados”. O autor deixa claro que

“não se pode esquecer que o padrão espacial observável e os aspectos do sistema atual representam respostas a um *continuum* evolutivo, à sequência de eventos que se sucedem ao longo do tempo. O estudo da dinâmica é essencialmente realizado em determinada grandeza da escala temporal, pois reflete as ajustagens internas à magnitude dos eventos, mantendo a sua integridade funcional ou se ajustando em busca de mudanças adaptativas às novas condições de fluxos. Nesse contexto, ganham importância os conceitos de estabilidade, funcionamento, resiliência e evolução. As fases das *análises morfológica, funcional e dinâmica* são inerentemente ligadas, mas podem ser processadas de modo independente e constituem globalmente a perspectiva relacionada com a compreensão dos sistemas ambientais físicos. Com base nessa compreensão da unidade complexa desenvolveram-se, em decorrência, os procedimentos avaliativos da potencialidade e das atividades de uso, o manejo e o planejamento. E também, o uso de valores relacionados com a degradação, recuperação e sustentabilidade ambientais” (Christofoletti, 1999, pag. 45).

A análise integrada da paisagem passa a ser constante em diferentes ciências e, conforme cita Bolós i Capdevila *et. all.* (1992, pag. 9), tem conferido uma série de características que lhes são próprias:

- Las unidades integradas no son nunca la simple suma de sus componentes, pues de la interacción entre los mismos se origina una estructura que los convierte en algo básicamente diferente [...].
- Los conjuntos integrados son relativamente homogéneos desde el punto de vista interno, y a su vez contrastan con los demás. A medida que las unidades se van haciendo más pequeñas, ganan en homogeneidad interna y en contraste entre ellas. Estas características permiten establecer un sistema de clasificación o taxonomía.
- Los conjuntos o unidades integradas son discretos, es decir, presentan una clara delimitación, si bien pueden hallarse repetidos en áreas diferentes como lo están, por ejemplo, las comunidades vegetales, las rocas o los tipos de cultivo.
- Las unidades integradas presentan normalmente una dinámica propia que consiste básicamente en procesos de intercambio y transformación de la materia y la energía. De un elemento a otro se da un paso constante de sustancias (materia) y de energía, que en este proceso se transforman. Cada unidad integrada tiene sus funciones específicas, sus propios mecanismos de transmisión y transformación de materia y energía, por lo que en cierta manera recuerda a un organismo vivo. Las principales funciones de estos complejos son: la transformación de la energía solar, la transformación mecánica de la materia sólida bajo la actividad de la fuerza de la gravedad, la circulación del aire, del agua y de las sustancias bioquímicas transportadas por esta última.
- Los conjuntos integrados presentan una estructura relacionada con su funcionamiento. El concepto de estructura – ciertamente complejo – podría definirse como la interdistribución de las diferentes partes del conjunto y su capacidad de interrelación. La estructura puede verse en diferentes planos: por una parte, se distingue una estructura espacial, vertical en los aspectos referentes a la distribución de los componentes, y horizontal en lo referente a la disposición de elementos y de unidades integradas próximas. Por otra parte, las unidades y sus elementos también se disponen de una forma determinada en relación con el tiempo, por lo que puede hablarse de una estructura temporal. Todas las funciones, y también la fisionomía externa de las unidades integradas, varían a través del tiempo, a veces de forma cíclica (con el día, el año, etc.). Estas variaciones que se repiten periódicamente pueden considerarse como características estructurales propias de la unidad integrada.
- Cada unidad integrada posee su propio desarrollo, es decir, presenta una evolución que le es propia y que le lleva a experimentar cambios en su misma estructura. Dispone además, como hemos dicho ya, de una dinámica característica con cambios reversibles, periódicos, que no conducen a un cambio de estructura (BOLÓS I CAPDEVILA *et. all.* 1992, pag. 9).

Bolós i Capdevila *et. all.* (1992, pag 47) explica que o geossistema é o modelo sistêmico da paisagem, e, por sua vez, o ecossistema é o modelo sistêmico da parte biótica do geossistema.

Para a abordagem geossistêmica, Nascimento & Sampaio (2005, pag. 173) citam medidas indispensáveis que facilitarão os estudos geográficos como sendo:

- delimitar os elementos componentes;
- identificar a estrutura, o arranjo espacial e distribuição dos elementos;
- observar as características dimensionais;
- saber quais as relações entre os diversos elementos;
- estudar os fluxos de energia e matéria em sua saída e saber os fluxos internos entre as unidades;
- verificar sua estabilização ou transformação;
- saber o grau de importância para a sociedade;
- verificar o grau de interferência das atividades humanas (NASCIMENTO & SAMPAIO, 2005, pag. 173).

A construção da paisagem só é possível a partir da mensuração (Dias & Santos, 2007), a compreensão de seu funcionamento requer ainda, generalizações. Sua definição se dá a partir dos seus elementos e de suas relações, “variáveis passíveis de mensuração, as quais expressam as qualidades ou atributos do sistema”. A mensuração das variáveis indicará quase sempre a “forma, número, tamanho, arranjo espacial, intensidade, fluxos, etc.” do sistema analisado. “Esses atributos são medidos quando se deseja analisar o sistema. Para a análise quantitativa num geossistema é fundamental, pois, decidir quais as variáveis a serem medidas e as técnicas a serem empregadas”, comenta Penteado (1980, pag. 156). A **Figura 02** ilustra alguns modelos do geossistema, considerados como modelos teóricos da paisagem.

Carl Troll (1996, pag. 2) ressalta que “os espaços geográficos, como as paisagens, podem ser organizados em grupos de diferentes escalas e serem considerados unidades de uma taxonomia geográfica”.

Aqui aparece o problema fundamental nos estudos de paisagem, o da classificação, explica Rodriguez & Silva (2002, pag. 95). A classificação e a sistematização é um trabalho científico de suma importância para qualquer ciência. Ela permite simplificar o estudo comparativo dos objetos próximos, determinar e estruturar todos aqueles conhecimentos que podemos ter das semelhanças ou diferenças entre os objetos estudados, ressalta Bolós i Capdevila *et. all.*(1992, pag. 63).

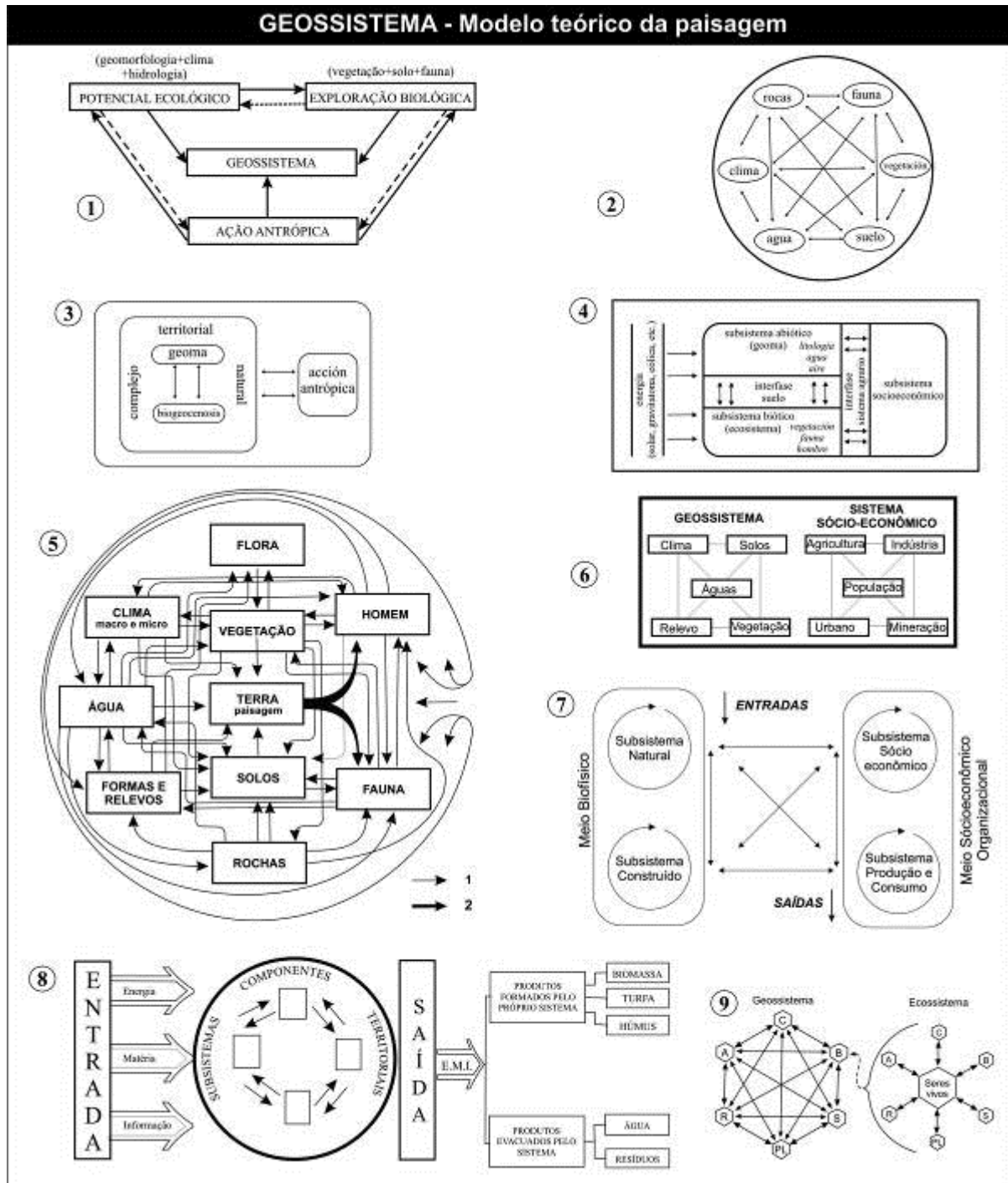


Figura 02 – O Geossistema, uma abstração, um conceito, um modelo teórico da paisagem. ① Proposto por G. Bertrand em 1968; ② Modelo proposto por Preobrazhenskii; ③ Modelo segundo Beruchachvili; ④ Conforme M. de Bolós; ⑤ adaptado de Zonneveld, 1979 por Christofolletti, onde as linhas assinaladas em 1 indicam as relações de dependência em graus diversos, enquanto a linha em 2 indica as duas principais retroalimentações; ⑥ Christofolletti em 1999, ressaltando a dicotomia de áreas na Geografia; ⑦ adaptado de Pinto, 2006; ⑧ Modelo sistêmico de funcionamento da paisagem de acordo com Rodriguez *et. all.*, 2004; ⑨ Conforme S. Preobrajenski (adaptado de Haase, 1976) onde C = clima; A = água; R = relevo; B = biosfera; S = sociedade e PL = Pedosfera e Listosfera, citado por Christofolletti, 1999.

Tricart (1977, pag. 12) já dizia que as experiências recolhidas ao longo do tempo no seio da Ecologia, “no confronto entre as noções e princípios” desta ciência, têm caminhado para uma melhor “distinção de conjuntos de inter-relações individualizadas, que se diferenciavam entre si, criando, desse modo, posições de abordagem dos complexos, esclarecidos quanto às suas composições e estrutura”.

Na definição de paisagem é evidente a existência de três elementos fundamentais: as características do geossistema que a define, o tamanho relacionado a uma escala espacial e o período de tempo, considerado a escala temporal, conforme salienta Bolós i Capdevila *et. all.* (1992). Olivier Dolfuss (1978) deixa claro que a análise geográfica de qualquer espaço geográfico, de qualquer elemento que intervenha em sua composição, assim como a de qualquer combinação de processos que atuem no interior desse espaço ou sobre ele, só se torna inteligível quando realizado no interior de um sistema de escalas de grandeza.

Tricart (1977) também ressalta a “necessidade de se estabelecer uma taxonomia dos tipos de meio ambientes”. Conhecem-se vários sistemas de escalas taxionômicas espaciais, aqui, expomos as unidades espaciais propostas por Bertrand (1972, pag. 12) e Bolós i Capdevilla *et. all.* (1992, pag. 51), apresentando um sistema taxionômico de classificação e representação da paisagem, destacando oito níveis hierárquicos, conforme ilustra a **Tabela 1**. Também mais adiante, resgatamos a proposta de Tricart (1977) com sua ecodinâmica dos ambientes naturais.

Segundo a abordagem de diferenciação de áreas, Bertrand procura reabilitar o enfoque de paisagem, imprimindo no seu conceito tradicional uma noção mais rica, complexa e dinâmica. A noção tradicional de espaço é acrescida a noção de tempo (NIMER, 1983, pag. 94).

Tabela 1 - Sistema taxionômico de classificação e representação da paisagem

Unidades da paisagem	Escala temporo-espacial (Cailheco-Tricart)	Escala G. Bertrand	Unidade Climática	Unidade de relevo ou Geomorfológica	Unidade de Paisagem Vegetal	Botânica G. Bertrand	Biogeografia G. Bertrand	Unidade Sócioeconômica	Unidade Trabalhada pelo homem G. Bertrand	Escala Cartográfica
I ZONA 100.000.000 km ² 15.000.000 -	I	Zona	Clima Zonal	Sistema morfogenético	Zona		Biotoma		Zona	1: 1.000.000
II DOMÍNIO 15.000.000 km ² 2.000 -	II	Domínio	Domínio Climático	Domínio estrutural	Domínio			Região	Domínio Região	1: 500.000 1: 100.000
III MEGAGEOCORA 2.000 km ² 1.000 -	III	Região Natural	Clima regional	Grande vale Grande vertente	Distrito	Andar		Comarca	Quartelão rural ou urbano	1: 500.000 1: 100.000
IV MACROGEOCORA 1000 km ² 100 -	IV	Comarca	Clima local	Vale 2º ord. Vertente 2º ord.	Subdistrito	Série	Zona equipotencial	Subcomarca	Quartelão rural ou urbano	1: 100.000 1: 50.000
V MESOGEOCORA 100 km ² 10 -	V	Geossistema	Mesotopoclima	Setor de uma vertente	Mosaico local		Zona equipotencial	Município		1: 25.000 1: 10.000
VI GEOCORA 10 km ² 1 -	VI	Genfácies	Topoclima	Mesoforma	Célula de paisagem vegetal	Estádio Agrupamento		Campo, parcela, povoado, bairro	Exploração ou quartelão parcelado (pequena ilha em cidade)	1: 10.000 1: 5.000
VII MICROGEOCORA 1 km ² 100 m ² -	VII		Microclima	Microforma	Tesela		Biótopo Biocenose	Setor de campo, povoado, casa	Parcela (casa em cidade)	1: 5.000
VIII NANOGEOCORA ← 100 m ²	VIII	Geotopo	Clima estacional	Setor de microforma	Localidade			vivenda uni-familiar, elemento		inferior a 1: 5.000

Adaptado de Bolós i Capdevila (1992, pag. 51) e Bertrand (1972, pag. 12)

Para Pedrotti & Martinelli (2001, pag. 41)

A questão metodológica fundamental para o discernimento das paisagens é a das escalas temporo-espaciais. Sua adequação tem a ver com a categoria de estudo (paisagem), a parte da realidade de interesse, evidentemente compatível com a resolução dos fenômenos nela enquadrados, os quais por sua vez demandam certo tempo para a sua organização, e com a consequente manifestação característica. Porém, esses fenômenos não acontecem apenas de forma sucessiva, mas também de maneira simultânea. No espaço completam-se coexistências de temporalidades diferentes. Portanto, a categoria espacial e, concomitantemente, temporal (tempo de duração envolvendo sucessões e coexistências para sua organização) de interesse estaria inserida numa sequência hierarquizada de escalas temporo-espaciais, a qual escalonaria as ordens de grandeza, os respectivos relacionamentos ou contradições de natureza física, biológica ou social, cada uma correspondendo à sugestão de uma escala cartográfica para a representação de sua materialidade (Pedrotti & Martinelli, 2001, pag. 41).

Para a ciência geográfica a paisagem deve ser entendida como indicadora de conteúdo ou de processos. [...] A paisagem geográfica compreende formas que se supõe indicar fatos muito complexos e dinâmicos. Isto permite postular que o processo pode ser observado através de sua forma e fisionomia que são suas manifestações externas e concretas. Entende-

se daí porque para alguns geógrafos o método de interpretação da paisagem é o próprio método geográfico (NIMER, 1983, pag. 95).

A partir da Tabela 01, Nimer (1983, pag. 97) destaca alguns pontos relacionados às questões teóricas acerca da abordagem metodológica de Bertrand (1968). O autor explica que, no método apresentado “a paisagem deve ser explicada e classificada conforme diferentes níveis de definição conceitual, e estes, por sua vez, são inseparáveis de seus níveis hierárquicos – nível: *paisagem e taxionomia*”. Essa taxionomia da paisagem é vista a partir de seis níveis superiores (zona, domínio e região) aos níveis inferiores (geossistema, geofácia e geótopo).

Em relação a esse ponto, Bertrand (1972, pag. 9) escreveu

O sistema taxionômico deve permitir classificar as paisagens em função da escala, isto é, situá-las na dupla perspectiva do tempo e do espaço. Realmente, se os elementos constituintes de uma paisagem são mais ou menos sempre os mesmos, seu lugar respectivo e, sobretudo, suas manifestações no seio das combinações geográficas dependem da escala têmporo-espacial. Existem para cada ordem de fenômenos “inícios de manifestação” e de “extinção” e por eles pode-se legitimar a delimitação sistemática das paisagens em unidades hierarquizadas” (BERTRAND, 1972, pag. 9).

Nessa mesma linha de pensamento, Bolós i Capdevila *et. all.* (1992, pag. 49), comenta a divisão taxionômica (**Tabela 01**) do que chama de *epigeosfera*, conceito formulado por Isachenko para a maior unidade de paisagem que corresponde ao Planeta Terra. Para os autores, a maior unidade é denominada de *zona*: as zonas polares, temperadas, subtropicais, tropicais e equatoriais, ambas com suas subdivisões. As *zonas* são divididas em unidades menores, chamadas de *domínio*, definidos basicamente por características climáticas vinculadas ao relevo e a presença dos mares e continentes. No terceiro nível, temos a *megageocora*, correspondendo as grandes unidades de relevo: cordilheiras, maciços e planícies... No quarto nível, denominadas de *macrogeocoras*, correspondem setores das grandes unidades anteriormente especificadas. Continuando, no quinto nível temos as

mesogeocoras, correspondem ao geossistema de Bertrand, e se caracterizam por unidades definidas por elementos abióticos ou antrópicos vinculadas a entrada constante de energia. No sexto nível, os das *geocoras*, as *geofacies* de Bertrand, são um conceito vinculado a dinâmica dos elementos bióticos e antrópicos. No sétimo nível, correspondem a unidades pequenas, as *microgeocoras*, correspondem a elementos abióticos com papel importante na distribuição de água pelo sistema. Por fim, o oitavo nível, das *nanogeocoras*, correspondem o *geotopo* de Bertrand, estão inerentes a localização pontual de algum elemento abiótico, como uma fonte, uma parede rochosa, um barracão, etc.

Nos níveis inferiores da proposta por Bertrand, “a paisagem é entendida pela sua relação com os fatores mais localizados no espaço e seus limites de extensão espacial são definidos segundo critérios que se apoiam em postulados teóricos de mudanças ambientais a curto prazo”. Estas mudanças apresentam dinâmica inversamente proporcional ao seu nível hierárquico. Neste nível, *paisagem e tempo*, “a paisagem deve ser entendida dentro de um determinado contexto morfogenético e sujeita a ação constante de fatores muito dinâmicos” (NIMER, 1983, pag. 97).

Para Nascimento & Sampaio (2005, pag. 171), “as unidades inferiores são trabalhadas numa escala socioeconômica, ou seja, onde é bem nítida a intervenção social. Nesta escala se encontra a maior parte dos fenômenos da paisagem e é onde evoluem as combinações dialéticas da paisagem”. Quanto aos níveis superiores, “só importam o relevo, o clima e as grandes massas de vegetais”, enfatizam os autores.

Conforme Nascimento & Sampaio (2005, pag. 172), “os geofácies situam-se na 6ª grandeza, compreendendo algumas centenas de km². Em seu âmbito, a exploração biológica é determinada e repercute na evolução do potencial ecológico”. Esta unidade espacial “representa ainda uma pequena malha de paisagem em cadeia sucessiva no tempo e no espaço do geossistema e traduz fielmente os detalhes ecológicos e as pulsações de ordem biológica”.

Na 7ª grandeza, na escala de m² ou dm², Nascimento & Sampaio (2005, pag. 172) exemplificam as microformas denominadas de geótopos, como “uma cabeceira de nascente, um fundo de vale nunca atingido pelo Sol, uma face montanhosa, são refúgios de biocenoses originais, por vezes endêmicas ou reliquiaais”. Nesta escala, os geótopos são “a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno”.

Ao analisar a taxionomia proposta por Bertrand em 1968, Nimer (1983, pag. 97), explica que nos níveis superiores a “paisagem é analisada através de seus traços mais gerais, os quais são explicados pela sua admitida vinculação com os fatores de maior abrangência”. Cita-se, *p. ex.*, “o clima zonal e regional, biomas, grandes formações vegetais, estrutura geológica, etc.” Aqui, conforme o entendimento de Nimer, é o nível *paisagem e escala espacial*, onde “as paisagens definidoras das unidades espaciais são abordadas mais por sua relativa estabilidade fisionômica do que por suas transformações, uma vez que as mudanças são atribuídas às transformações processadas a longo prazo”.

Na proposta metodológica apresentada por Bertrand, Nimer (1983, pag. 97) destaca outro aspecto que chama de “relação da paisagem com a natureza de seus fatores”. Com essa inquietação, o autor ressalta que a “análise da paisagem deve ser conduzida ao seu limite de maior complexidade, onde a paisagem é interpretada como resultado da ação combinada de fatores naturais e antrópicos, inclusive daqueles ligados diretamente às mais ativas intervenções humanas [...]”. Nesse momento, Bertrand “propõe a elaboração de uma síntese da paisagem geográfica”, denominada de “paisagem total”.

O objetivo de Bertrand para Nimer (1983, pag. 97), através dessa proposta integradora é o “reconhecimento de uma estrutura espacial constituída de unidades geográficas diferenciadas por suas fisionomias particulares”. Ainda, ressalta, “o indicador dessas unidades geográficas é a paisagem total (ou global), cujo enfoque morfogenético deve estar vinculado à

questão da escala tempo espacial, e esta aos diversos níveis taxionômicos e conceituais”, lembrados aqui anteriormente.

Porém, Nimer (1983, pag. 106) ressalta que a complexidade desse esboço taxonômico enfatiza problemas numa classificação global dessas paisagens, onde Bertrand (1972, pag. 21) prefere optar por adotar uma “*tipologia dinâmica* que classifica os geossistemas em função de sua evolução e que engloba por meio disso todos os aspectos das paisagens”. Nesta perspectiva, consideram-se três elementos: “o sistema de evolução, o estágio atingido em relação ao “clímax”, o sentido geral da dinâmica (progressiva, regressiva, estabilidade)”. Assim, distinguem-se sete tipos de geossistemas, reagrupados em 2 conjuntos dinâmicos diferentes, sendo:

(1) *Os geossistemas em biostasia* – trata-se de paisagens onde a atividade geomorfogenética é fraca ou nula. O potencial ecológico é, no caso, mais ou menos estável. O sistema de evolução é dominado pelos agentes e os processos bioquímicos: pedogênese, concorrência entre as espécies vegetais, etc... A intervenção antrópica pode provocar uma dinâmica regressiva da vegetação e dos solos, mas ela nunca compromete gravemente o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica (Bertrand, 1972, pag. 21).

Os geossistemas em *biostasia* podem ser classificados conforme sua maior ou menor estabilidade temos, desta forma, (1a) os *geossistemas “climácicos”, “plesioclimácicos” ou “subclimácicos”* que correspondem a paisagens onde o *clímax* é mais ou menos bem conservado [...]. A intervenção humana de caráter limitado, não compromete o equilíbrio de conjunto de geossistema, [...] o potencial ecológico não parece modificado (Bertrand, 1972, pag. 21).

Bertrand (1972, pag. 22) considera ainda (1b) os *geossistemas paraclimácicos*, estes, para o autor “aparecem no decorrer de uma evolução regressiva, geralmente de origem antrópica, logo que se opera um bloqueamento relativamente longo ligado a uma modificação parcial do potencial ecológico ou da exploração biológica”. Também considera (1c) “os

geossistemas degradados com dinâmica progressiva” onde, *p.ex.*, “os territórios rurais cultivados passam ao abandono, com “landes”, capoeiras e retorno a um estado florestal que é, na maior parte dos casos, diferente da floresta-clímax”. Bertrand considera ainda (1d) “os geossistemas degradados com dinâmica regressiva sem modificação importante do potencial ecológico” representando “as paisagens fortemente humanizadas onde a pressão humana não afrouxou ainda”. Dentre as alterações ambientais, o autor cita que neste caso, “a vegetação é modificada ou destruída, os solos são transformados pelas práticas culturais e o percurso dos animais. No entanto, o equilíbrio ecológico não é rompido malgrado um início de “ressecamento ecológico”. As erosões mecânicas, sempre muito localizadas, guardam um caráter excepcional (por exemplo, ao longo dos caminhos vicinais)”.

Por sua vez, Bertrand (1972, pag. 22) classifica (2) os *geossistemas em resistasia* onde

a geomorfogênese domina a dinâmica global das paisagens. A erosão, o transporte e a acumulação dos detritos de toda a sorte (húmus, detritos vegetais, horizontes pedológicos, mantos superficiais e fragmentos de rocha *in loco*) levam a uma mobilidade das vertentes e a uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico (Bertrand, 1972, pag. 23).

Bertrand (1972, pag. 23) deixa claro que “a geomorfogênese contraria a pedogênese e a colonização vegetal” e que há a necessidade de se distinguir os dois níveis de intensidade: uma resistasia verdadeira e uma resistasia limitada. O primeiro caso está ligado “a uma crise geomorfoclimática capaz de modificar o modelado e o relevo. O sistema de evolução das paisagens se reduz então ao sistema de erosão clássico. A destruição da vegetação e do solo pode nesse caso ser total. Cria-se um geossistema inteiramente novo”. Por outro lado, no segundo caso, “os casos de “resistasia limitada” à “cobertura viva” da vertente, isto é, à parte superficial das vertentes: vegetação, restos vegetais, húmus, solos e, às vezes, manto superficial e lençóis freáticos epidérmicos”, referindo-se a uma erosão sob a cobertura vegetal.

Os geossistemas em resistasia podem ser divididos em (2a) geossistemas com geomorfogênese “natural” e (2b) geossistemas regressivos com geomorfogênese ligada à ação antrópica. No primeiro caso “a erosão faz parte do “clímax”, isto é, ela contribui a limitar naturalmente o desenvolvimento da vegetação e dos solos”, já no segundo tipo, “é preciso encarar três casos: primeiro, os geossistemas em resistasia bioclimática cuja geomorfogênese é ativa pelo homem. Em seguida, os geossistemas marginais em “mosaico”, isto é, com geofácies em resistasia e com geofácies em biostasia, caracterizados por um certo desequilíbrio e uma certa fragilidade natural [...]. Enfim, os geossistemas regressivos e com potencial ecológico degradado que se desenvolvem por intervenção antrópica no seio das paisagens em plena biostasia [...] (BERTRAND, 1972, pag. 24).

Tricart (1977) concebe também uma taxionomia dos tipos de meios ambientes fundado no seu grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica, o que chamou de *ecodinâmica*. Uma “*unidade ecodinâmica* se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses” e tem sua base no “instrumento lógico de *sistema*, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente”.

Tricart (1977, pag. 35) distingue três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais, a saber: meios estáveis, onde no balanço pedogênese/morfogênese há o predomínio da pedogênese; os meios *intergrades*, onde o balanço pedogênese/morfogênese pode favorecer tanto o primeiro processo quanto o segundo; e, por sua vez, os meios fortemente instáveis com o domínio da morfogênese sobre a pedogênese.

Nos últimos anos, afirma Troppmair (2004, pag. 9), “o estudo dos geossistemas tem ganhado importância e aplicação crescente e, entre outros objetivos, procura a conservação, o

uso racional e o desenvolvimento do espaço geográfico beneficiando toda biosfera, em especial, a sociedade humana”.

Sales (2004, pag. 130) é enfática ao dizer que “a partir dos preceitos teóricos associados ao conceito de geossistemas e em consonância com o crescimento mundial da problemática ambiental, a Geografia penetra a ativa era da análise ambiental, expressa na realização de diagnósticos, zoneamentos e avaliação de impactos ambientais”.

Aparentemente distintas as propostas teóricas apresentadas e suas respectivas taxonomia da paisagem convergem para uma análise integrada que subsidiam a tomada de decisão no sentido de um uso equilibrado dos recursos pela sociedade, bem como tenta explicar a complexa relação sociedade e natureza. Apresentam como objetivo principal a análise dos elementos componentes da paisagem de forma integrada a partir de suas interconexões. Vê-la nessa perspectiva contribui para sua melhor utilização, um uso equilibrado de suas potencialidades e fragilidades.

A análise integrada da paisagem, explicam Rodrigues *et. all.* (2001, pag. 40), “é o conjunto de métodos e procedimentos técnico-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica”, resgatando também sua história de desenvolvimento, seus estados, “processos de formação e transformação da paisagem e a pesquisa das paisagens naturais, como sistemas manejáveis e administráveis”.

Uma das alternativas possíveis para o estudo integrada da paisagem é a adoção da bacia hidrográfica como unidade de pesquisa, o que hoje é uma realidade no Brasil e no Mundo. Guerra & Cunha (2004, pag. 352) justificam este fato, uma vez que, se “os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem”, é oportuno que analisemos a “bacia hidrográfica, como uma unidade integradora desses setores (naturais e sociais), [...] a fim de que os impactos

ambientais sejam minimizados”. A bacia hidrográfica a partir da perspectiva da paisagem não é estática, e sim dinâmica, e esta dinâmica é quem promove constantemente novas configurações em seu interior, ou seja, a paisagem e a bacia estão em constante transformação.

Há uma aceitação universal desta unidade de estudo. Pesquisadores como Christofolleti (1979 e 1999), Mendonça (1993), Beltrame (1994), Espíndola *et. all.* (2000), Tundisi (2003), Santos (2004); Silva *et. all.* (2004); Vitte & Guerra (2004); Guerra & Cunha (1999 e 2004); Guerra *et. all.* (2005), entre outros autores, adotam e aprovam a unidade bacia hidrográfica como uma entidade geográfica ideal para estudos que visem a integração entre dados das atividades humanas e do meio físico-natural a partir do conceito sistêmico de Paisagem.

2.2. A bacia hidrográfica célula dos estudos integrados da paisagem

A bacia hidrográfica é adotada na atualidade como célula dos estudos integrados da paisagem por possibilitar uma compreensão científica dos processos de sua esculturação. Quando assim a adotamos, como uma unidade de análise, nossa intenção é de caráter eminentemente técnico-científico.

A bacia hidrográfica, ou bacia de drenagem como explicam Coelho Neto (1994) citados por e Silva *et. all.* (2004, pag. 93) e Guerra & Cunha (1995, pag. 97), “é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais, dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial”. Seu limite é denominado pelos autores de divisor de drenagem ou divisor de águas. Há ainda, uma hierarquia entre as bacias de menor e maior tamanho, compondo desta forma, um sistema organizado de drenagem.

Guerra & Cunha (2004, pag. 353) explicam que “as bacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma drena água, material sólido e dissolvido”, resultado das relações sociais e ambientais em seu interior/exterior, “para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório, ou oceano”.

Cunha (1997) ao analisar o conceito de bacia hidrográfica verifica que autores como Dunne & Leopold (1978), Assad & Sano (1993), Lencastre & Franco (1984), Laude & Cerda (1987), Bigarella & Mazuchowski (1985) também consideram a bacia hidrográfica como uma unidade conveniente para o entendimento de processos sociais e naturais que se desenvolvem em seu interior e em seu entorno. Esta é definida por unanimidade como sendo a área fisiográfica, ou área de terras, com uma definição topográfica, que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos por um curso d'água ou por um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para o leito ou para um espelho d'água. Contudo, observou a autora, deve-se lembrar de que os cursos fluviais de uma bacia hidrográfica também são alimentados pela água proveniente do escoamento subsuperficial e do lençol freático, fato importante e nem sempre apontado pelas definições apresentadas, as quais enfatizam mais a questão do escoamento superficial.

Rodrigues & Adami (2005, pag. 147) a definem como

“um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximos a superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas de água e do material por ela transportado, que mantém relações com esses canais”.

Para Cunha e Guerra (1996, pag. 104), “a ideia da área de contribuição pressupõe que toda a água da chuva que atinge o horizonte mineral do solo da bacia irá escoar, na superfície

ou subsuperficialmente, desde os divisores de águas até os fundos de vales, onde serão, então, coletadas pelo sistema de canais”, porém, ressaltam os autores que “sob determinadas condições lito-estruturais do substrato rochoso, pode ocorrer a transferência de águas subsuperficiais entre bacias vizinhas”. Este fato, que só pode ser comprovado por estudos práticos de campo, não desqualifica a adoção dos divisores de água em superfície.

A bacia hidrográfica corresponde, conforme Espíndola *et. all.* (2000, pag 1)

“a um sistema biofísico e sócio-econômico, integrado e interdependente, contemplando atividades agrícolas, industriais, comunicações serviços, facilidades recreacionais, formações vegetais, nascentes, córregos e riachos, lagoas e represas, enfim, todos os habitats e unidade da paisagem. [...] Uma bacia pode ser abordada como uma unidade morfo-fisiográfica [...] uma unidade funcional, com processos e interações ecológicas passíveis de serem estruturalmente caracterizados, quantificados e matematicamente modelados”.

Sobre o conceito de bacia hidrográfica é interessante salientar, conforme explicou Andreozzi (2005) ao citar Lanna (1995), que, a partir de uma intensa adoção desta unidade de estudo, houve uma ampliação de seu conceito. Lanna acrescenta a variável temporal ao conceito até então unicamente espacial. Para Lanna a variável temporal está presente na bacia através das dinâmicas que impõem ritmos diferenciados e não contínuos às relações entre as partes integrantes do sistema de drenagem. Lanna ainda alerta para a imprevisibilidade sempre presente nestes sistemas. Assim, a área geográfica da bacia passa a ser considerada um quebra-cabeça, composto de micro e pequenas bacias, sujeito a atividades humanas difusas (agricultura) e concentradas (cidades e áreas industriais), mas que, além da complexidade intrínseca da inter-relação entre as partes e o todo, apresenta variabilidade temporal com elementos de imprevisibilidade (comportamento aleatório), assumindo configurações distintas e imprevisíveis ao longo do tempo.

Assim configurada e seu conceito associado à noção de sistema, a bacia hidrográfica é considerada um sistema aberto, com processos de entrada e saída de energia. No seu interior

há constantes ajustes nos elementos das formas, e nos processos associados, em função das mudanças de entrada e saída de energia, conforme ilustrado na **Figura 03**, adaptada de Guerra & Cunha (2004, pag. 353).

Acrescenta-se a ilustração dos autores o item (J) ação antrópica, fator que pode acelerar ou retardar os processos de entrada e saída de energia e matéria no interior das bacias hidrográficas. Ainda, não podemos esquecer que os processos ocorrem em um determinado tempo, assim, a bacia hidrográfica tem um passado, seu presente e um futuro.

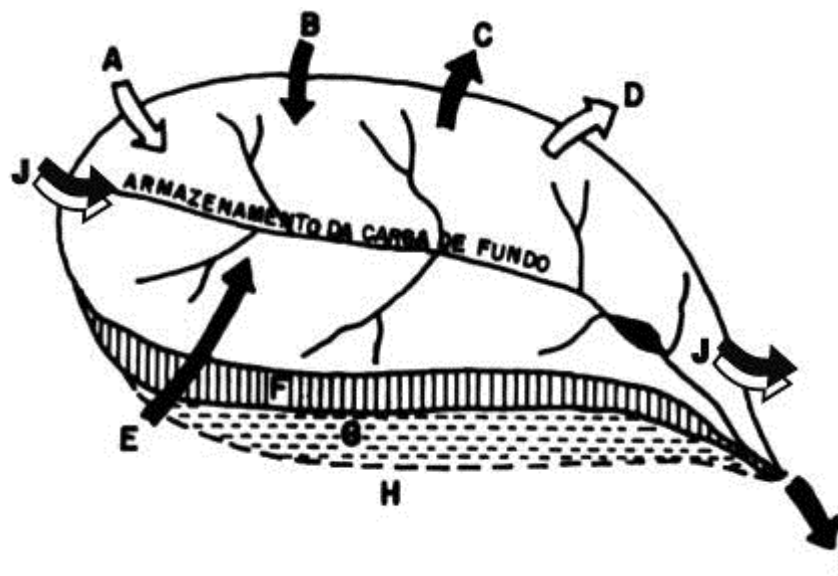


Figura 03 – Bacia hidrográfica, fluxos e transformações de energia, água e sedimentos. (A) energia radiante, (B) precipitação, (C) evapotranspiração, (D) energia latente, (E) material intemperizado, (F) armazenamento de unidade no solo, (G) armazenamento de água subterrânea, (H) material fonte, (I) descarga, transporte de sedimentos em suspensão, dissolvido e de fundo, (J) ação antrópica (Adaptado de GUERRA & CUNHA, 2004, pag. 353).

Sobre o intercâmbio de energia e matéria, Grigoriev (1993, pag. 76) explica que os componentes do estrato geográfico são construídos sobre uma inseparável relação, mas os processos de entrada e saída de energia, e sua assimilação e dissimilação, são contraditórios. Para o autor, no decursos do intercâmbio uma parte de matéria e energia de um componente está sendo transformada em outra. No mesmo momento a composição de substâncias dos componentes, se altera em virtude da assimilação por outros componentes, e a massa básica de cada um se altera, sob a ação de longa duração de substâncias de outros componentes – no curso das interações físicas e químicas e, em casos específicos, bioquímicas e biofísicas.

Conforme explicou Tricart e Kiewietdejogé (1992) citado por Ross (2006, pag. 45), dentre “os maiores *inputs* de energia [...] as atividades humanas, nas quais se usam os mais variados materiais do ambiente. Neste caso, o homem tem de se proteger ele mesmo dos riscos naturais ao mesmo tempo em que promove vastas alterações nas massas líquidas, gasosas e sólidas” afetando a dinâmica da paisagem.

Nesse ponto de vista, Santos (2004) reforça que “toda a ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade”. Ainda, ressalta a autora, a bacia hidrográfica “constitui-se numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização” e, ainda, “é um limite nítido para a ordenação territorial”. Apesar de não haver quem questione a utilização da bacia hidrográfica como unidade de pesquisa, e ao considerá-la como sistema aberto, não podemos entendê-la como limite definitivo de estudos. Santos esclarece que as atividades e as atitudes humanas não obedecem a critérios ou limites físicos.

Levando em consideração suas características naturais, Silva *et. all.* (2004, pag. 94) vê que as “bacias hidrográficas têm se tornado importante unidade espacial utilizada para gerenciar atividades de uso e conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente”.

Rodrigues & Adami (2005, pag. 147) também consideram que “a bacia hidrográfica é uma das referências em estudos do meio físico. Atualmente subsidia grande parte da legislação e do planejamento territorial e ambiental no Brasil e em muitos outros países”.

De caráter legal a Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986 que dispõe sobre critérios básicos e das diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental traz em seu Art. 5º, item III, indicação para definição dos limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos ambientais (denominada área de influência do projeto) determinando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza o empreendimento avaliado.

O Decreto nº 94.076, de 05 de março de 1987, que institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas - PNMH, também adota a bacia hidrográfica como unidade espacial, com objetivos de promover um adequado aproveitamento agropecuário destas bacias mediante a adoção de práticas de utilização racional dos recursos naturais (BRASIL, 1987).

Ainda, quanto às ações legais no Brasil cita-se a publicação da Lei Federal nº 9.433/97 que institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e cria, dentre outros organismos, os Comitês de Bacias Hidrográficas; também a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) pela promulgação da Lei 9.984/2000, consolidando a bacia hidrográfica como unidade territorial de atuação das políticas de recursos hídricos, planejamento e gerenciamento em todas as esferas governamentais.

Também, expõe Prochnow (1985, pag. 198), há um reconhecimento mundial, e sólido de “que a bacia hidrográfica é a melhor unidade de estudo funcional, ou como diz Walling, é a ‘unidade da paisagem’ que mais favorece ao desenvolvimento de muitos dos conceitos hidrológicos e a que mais se ajusta aos objetivos de planejamento ambiental”.

Compreendida e aceita dessa forma em estudos desde a década de 30 nos Estados Unidos (Guerra *et. all.*, 2005), no Brasil da década de 40 (Santos, 2007), a bacia hidrográfica

é reconhecida pela Geografia Física desde o final dos anos 60, contudo, mais recentemente é incorporada de fato como célula de análise, pois permite conhecer e avaliar seus diversos elementos, processos e interações (Botelho & Silva, 2004). Estes últimos autores são enfáticos em dizer que “a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental”.

Para Botelho & Silva (2004, pag. 153)

“ao distinguirmos o estado dos elementos que compõem o sistema hidrológico (solo, água, ar, vegetação etc.) e os processos a eles relacionados (infiltração, escoamento, erosão, assoreamento, inundação, contaminação etc.), somos capazes de avaliar o equilíbrio do sistema ou ainda a qualidade ambiental nele existente”.

Dentre as proposições metodológicas para o estudo de bacias hidrográficas podemos citar o *Diagnóstico e Análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental*, proposta por Mendonça (1993a); o *Diagnóstico do Meio físico de bacias hidrográficas* apresentado por Beltrame (1994) e o *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*, proposto por Rocha & Kurtz (2001). Ambas as proposições dentro do campo de conhecimento geográfico, propondo a integração entre as atividades humanas e o meio físico-natural, e tendo a bacia hidrográfica como unidade espacial sistêmica.

No caso específico da Geografia, conforme explicita Mendonça & Santos (2006, pag. 112) os trabalhos que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de análise, objetivam principalmente a realização de diagnósticos ambientais, identificação e delimitação das diferenciações espaciais tomando como base nas suas potencialidades, fragilidades e condições de degradação, fornecendo assim uma orientação geral que subsidiará o planejamento urbano-regional e rural.

Ao adotarmos a bacia hidrográfica como unidade de estudo, explica Tundisi (2003, pag. 107), há, além de um avanço conceitual muito importante e integrado de ação, ainda apresenta algumas vantagens, características e situações fundamentais. Para o autor, “a bacia hidrográfica é uma unidade física com fronteiras delimitadas”; se apresenta em diferentes escalas; está hidrológicamente integrada; “é uma forma racional de organização de banco de dados”; nos conflitos, permite a integração da população local nos processos decisórios, possibilitando também uma integração institucional, e, ainda, admite a aplicação da visão sistêmica em treinamentos e educação ambiental.

As bacias de drenagem não são estáticas e estáveis, ressaltam Andreozzi & Viadanna (2010, pag. 5346). Estas unidades espaciais sofrem constantemente com contínuos processos de construção e desconstrução do relevo. “Mesmo que a percepção cronológica humana *a priori* não tenha esta noção, exceto quando da ocorrência de eventos que pela dimensão e pelas mudanças paisagísticas decorrentes sejam nitidamente percebidas”, explicam os autores.

Christofoletti (1979, 1980 e 1999) considera a bacia hidrográfica como um sistema não-isolado, devido às relações mantidas com os demais sistemas do universo; e um sistema aberto, porque nela ocorrem constantes trocas de energia e matéria (*inputs* e *outputs*), tanto recebendo como perdendo.

Estudá-las, desta forma, implica em pesquisar seus componentes, processos (*inputs* - entradas e *outputs* - saídas) e suas interações, pois compreende suas águas, seu solo, clima, geomorfologia, áreas urbanizadas... Estes, como subsistemas, mantêm estreita relação de dependência, o que os torna elementos essenciais para uma boa avaliação e identificação dos pontos mais suscetíveis à influência antrópica na bacia (CUNHA, 1997).

Ao adotar a abordagem sistêmica e de paisagem integrada, amplamente inserida no corpo teórico-metodológico da Geografia, contribui-se para a análise da complexa realidade na relação sociedade/natureza. Nesse processo, consideram-se as escalas temporais e

espaciais, os mosaicos de subsistemas, a heterogeneidade espacial, a diversidade biológica, bem como as ações antrópicas.

Prochnow (1985, pag. 198) enaltece que “uma das principais vantagens da abordagem sistêmica, em estudos de bacia hidrográfica, é que esse esquema conceitual favorece estudos das inter-relações entre as formas e os processos” que ali operam.

A bacia hidrográfica, como célula de análise espacial demonstra seu potencial enquanto entidade territorial sistêmica, tornando-se objeto de estudo em inúmeros estudos (hidrológicos ou geomorfológicos, como também para estudos relacionados a aspectos bióticos, socioeconômicos e socioculturais), e adotada como tal numa diversidade de trabalhos em Geografia e áreas afins.

Suas características essenciais à torna uma unidade muito bem caracterizada, permitindo a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental e, além disso, permite a aplicação adequada de tecnologias avançadas. Seu estudo necessita de um levantamento periódico e organização das informações sobre a bacia, que muitas vezes é mais bem compreendido em forma de um mapa.

2.3. Geoprocessamento e suas geotecnologias: contribuições à cartografia das unidades da paisagem na bacia hidrográfica

A ação antrópica sobre os elementos da paisagem (solo, relevo, vegetação, clima, recursos hídricos, etc.) altera sua funcionalidade de alguma forma. Determinar a potencialidade e a fragilidade desses ambientes tem se tornado cada vez mais urgente face o acelerado processo de interferência antrópica.

Drew (2005, pag.26) coloca que

Embora as atividades destinadas a alterar o ambiente, na sua maioria, tenham a intenção de ser benéficas do ponto de vista humano, o grau de inter-relação dos fenômenos naturais a que nos referimos explica que mudanças inesperadas, ou até reações em cadeia, venham a resultar daquilo que pretendia ser uma ‘benfeitoria’ isolada. A intensidade dessas ações inadvertidas depende em primeiro lugar do esforço (ou tensão) aplicado ao sistema pelo homem e, em segundo lugar, do grau de suscetibilidade à mudança (sensibilidade) do próprio sistema.

Planejar esta ocupação a partir de uma análise integrada da paisagem é uma ação necessária na atualidade. Para isso dispomos de um ferramental teórico e metodológico proposto pelo geoprocessamento, que nos possibilita uma análise técnica científica da paisagem, cujos resultados alcançados norteiam usos e ocupações antrópicas mais coerentes, uma vez que é possível determinar suas potencialidades e fragilidades.

Sobre as questões metodológicas e sobre as tecnologias de escrutínio das paisagens, Espino (1999) observa que

“En definitiva, estas concepciones sistémicas cuentan hoy con un amplio legado científico, al tiempo que ofrecen nuevas perspectivas para responder a los problemas que plantea actualmente la intervención humana en los paisajes. No obstante, y en la medida en la que se trata de una reflexión relativamente reciente, todavía quedan muchos aspectos metodológicos por resolver. Así, por ejemplo, las técnicas de integración siguen necesitando de una mayor precisión, que permita solventar el empirismo que aún las caracteriza en muchas ocasiones. Su resolución técnica no está exenta de dificultades, pues a pesar de contar con nuevas herramientas como los sistemas de información geográfica, la caracterización sistémica del paisaje y su expresión espacial implica, por una parte, el tratamiento simultáneo de un gran volumen de información y, por otra, la búsqueda de procedimientos que permitan analizar las interacciones entre los diferentes elementos del paisaje, cuestiones que combinadas resultan complejas. Es precisamente en este contexto donde la “unidad de paisaje” adquiere una especial significación”.

Na atualidade a Geografia tem apoiado estudos no geoprocessamento e nas chamadas geotecnologias. As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências e correlatas, as quais trazem avanços significativos no desenvolvimento de

pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico, explica Fitz (2008, pag. 11).

Para Silva (2003, pag. 35) o termo Geotecnologia é definido como “a arte e a técnica de estudar a superfície da Terra e adaptar as informações às necessidades dos meios físicos, químicos e biológicos”, colocando como parte do universo geotecnológico “o processamento digital de imagens, geoestatística e os SIGs”.

A unidade da paisagem, conforme explica Espino (1999), é uma ferramenta conceitual e metodológica que tem sua origem na a intersecção de duas diferentes exigências disciplinares:

una que deriva de la consideración del paisaje como sistema territorial complejo, y por tanto, vinculada a la necesidad de establecer una lectura científica del territorio; y otra que nace de la exigencia de dar respuesta a los desafíos operativos de la planificación territorial, toda vez que, al menos en apariencia, el medio natural ha dejado de ser considerado exclusivamente como un mero soporte de las actividades económicas.

Para Rocha (2000, pag. 210) o geoprocessamento é definido como

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.

No contexto de uma bacia hidrográfica podemos subdividir os dados de análise em dados do meio físico-biótico e dados socioeconômicos. Os primeiros referem-se aos diversos elementos do sistema paisagem, como os diversos tipos de solo, tipos geológicos, seus aspectos geomorfológicos, as características da vegetação, seus canais de drenagem, por exemplo. Dos dados socioeconômicos consideramos os tipos de uso e ocupação da terra no interior e áreas limítrofes a bacia hidrográfica, bem como informações oriundas de sensores governamentais que refletem as condições de vida da população na área estudada.

O manejo destes dados espaciais, explicam Rosa & Brito (1996, pag. 8), “requer instrumentos especializados e complexos para obter, armazenar, recuperar e apresentar as informações”. Outro ponto importante ressaltado pelos autores são que os “dados oriundos de distintas fontes fazem com que exista a necessidade de integrá-los, para o efetivo uso dos mesmos, assim como para obter novas informações”.

Estes instrumentos compõem um sistema de informações geográficas. Maguire *et all.* (1992) elenca quatro componentes básicos nos sistemas de informações geográficas. Para o autor estes sistemas são compostos por *hardwares*, *softwares*, dados e recursos humanos, operando a partir de uma metodologia e num contexto institucional. O *hardware* pode ser qualquer tipo de plataforma computacional, como por exemplo, os computadores pessoais, os microcomputadores e as estações de trabalho, bem como os supercomputadores. Além desses, podem ser incluídos nesta categoria os periféricos como as mesas digitalizadoras, plotters e os principais dispositivos de armazenamento de dados em massa existentes na atualidade. Já os *softwares*, são os programas de computador e possuem variações na sua organização e capacidade de trabalhar com os dados geográficos.

Kemp (2008, pag. 390) conceitua *software* de SIG como um termo que inclui uma gama extensa de ferramentas de *software* para criar, georreferenciar, manipular, combinar, e analisar dados espaciais. Proporciona amplo apoio a modelos de dados em *vetor* (ponto, linha, polígono) e *raster* (matriz, grade) bem como a conversão entre estes modelos.

Cabe ressaltar que, conforme Obermeyer & Pinto (2008, pag. 1), a própria tecnologia tem se tornado cada vez mais fácil de usar, com a expansão das interfaces gráficas que tornam cada vez mais acessíveis a não especialistas (assim chamados os usuários finais).

Longley *et. all.* (2005, pag. 18), numa anatomia dos sistemas de informações geográfica, também concorda que um SIG tem os seus componentes bem definidos. Porém os autores acrescentam outro elemento, o mais fundamental deles, a rede mundial de

computadores, sem a qual nenhuma comunicação rápida ou a partilha de informação digital não poderia ocorrer, exceto entre um pequeno grupo de pessoas que se aglomerarem em torno de um monitor de computador.



Figura 04 - Os seis componentes de um SIG (Longley *et. all.*, 2005, pag. 24)

Decisivo na concepção de um SIG, o dado geográfico envolve altos custos nos processos de coleta (que podem chegar a 70% do total gasto com sua implementação), armazenamento e manipulação, e ainda, devido ao grande volume de dados necessários para a solução de problemas geográficos. Aronoff (1995) citado por Câmara *et all.* 1997 alerta ainda para a qualidade dos dados como um fator crucial, de forma a proteger produtores e usuários do uso não apropriado das informações geográficas.

Outro ponto importante é enfocado por Moura (1997, 2002, 2005). Para a autora a massa de dados a serem manipulados e correlacionados na busca de respostas é tamanha que muitos se perdem ao supervalorizar os meios em detrimento dos fins pela falta de uma metodologia coerente. Destacando, então, “que o principal passo na montagem de um sistema

é o desenvolvimento de uma boa metodologia de organização e manipulação de dados espaciais”.

Confirma assim, que o mais importante componente de um sistema de informação geográfica são os recursos humanos, as pessoas que atuarão diretamente na seleção e qualificação destes dados, na sua modelagem, implementação e uso de um SIG. São também denominadas de *peopleware*, profissionais espacialmente conscientes. Sem pessoal qualificado e comprometido com a estruturação de um projeto de SIG, nada será realizado. Este aspecto é muitas vezes subestimado por profissionais com uma visão meramente tecnológica da questão (CÂMARA *et. all.* 1996; CÂMARA *et. all.* 1997; BURROUGH & MCDONNELL, 1998; LONGLEY *et. all.*, 2005).

Estes elementos componentes dos SIGs proporcionam uma dinâmica de utilização ao usuário, explicam Câmara & Ortiz (2002). Proporcionando uma interface com usuário, facilitando a entrada e integração de dados e apresentando funções de processamento gráfico e de imagens; também possibilitando a visualização e plotagem das informações de um Banco de Dados Geográficos, conforme ilustra a **Figura 05**. Há uma relação hierárquica destes componentes. Num nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como sendo o sistema operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de entrada, processamento, visualização e saída de dados espaciais. No nível mais interno do sistema, um banco de dados geográficos lida com os dados espaciais e seus atributos.

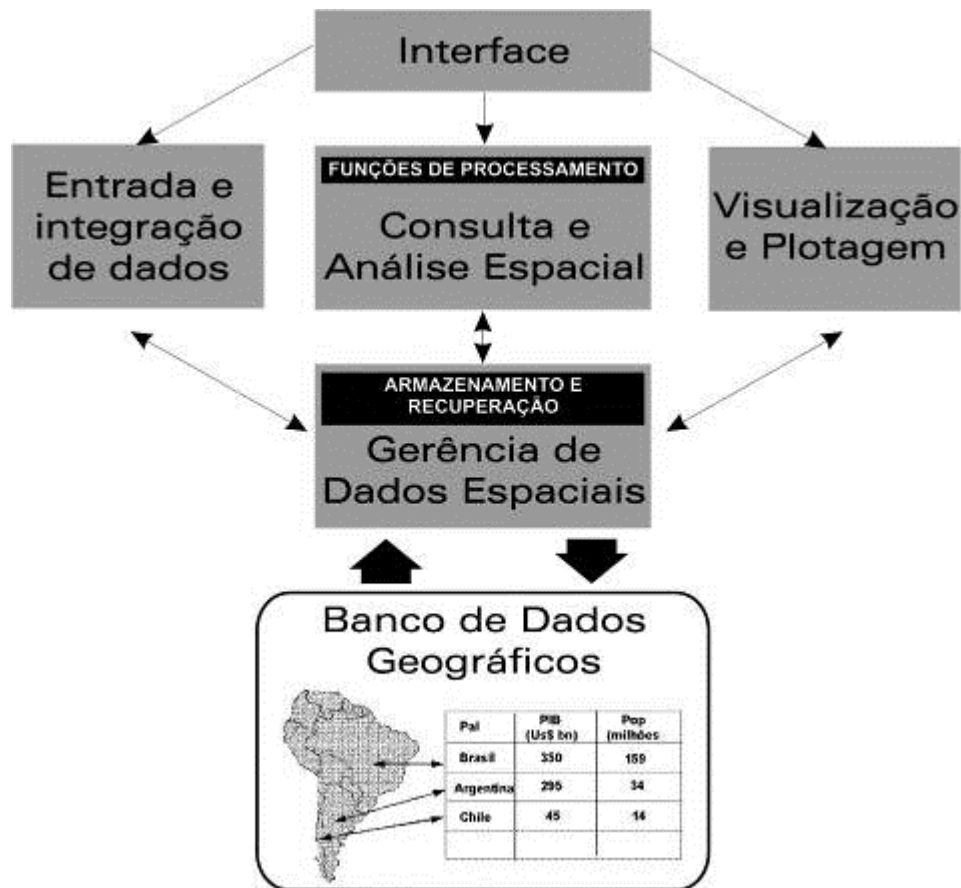


Figura 05 – Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (Adaptado de CÂMARA *et. all.*, 1997, CÂMARA & ORTIZ, 2002 e CÂMARA *et. all.*, 2007).

Os diferentes *softwares* disponíveis apresentam diversas possibilidades de processamento dos dados geográficos, estas funções de processamento são naturalmente dependentes destes tipos de dados. Funções como sobreposição, ponderação, medidas (área, perímetro), mapas de distância, tabulação cruzada, dentre outras, são exemplos de funções disponíveis nos *softwares* de SIG. Ainda, funções de processamento digital de imagens envolvem a retificação, contraste, filtragem, realce e classificação de imagens remotamente sensoriadas. Modelos numéricos de terreno admitem a confecção de mapas de declividade e aspecto, cálculo de volumes, análise de perfis, além da própria geração do modelo a partir de pontos esparsos ou linhas – como das cartas topográficas –, entre outras funções. Operações

sobre redes incluem caminhos ótimos, caminhos críticos e ligação topológica. Já as consultas aos bancos de dados podem ser espaciais ou não, explicam Câmara *et al.* (1996).

Miranda (2005, pag. 30) divide os *softwares* de SIG em dois grandes ramos:

“a) sistemas comerciais; b) os sistemas acadêmicos. Alguns sistemas comerciais, quando adquiridos, trazem embutida a plataforma computacional do fabricante. Já com os sistemas acadêmicos, a escolha pela plataforma de trabalho (computadores e periféricos) é totalmente livre. Geralmente, os sistemas comerciais são, em grande proporção, mais caros que os sistemas acadêmicos. Por exemplo, o Spring, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe – é totalmente grátis e pode ser adquirido pela internet no endereço: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/português/index.html>>”.

Na maioria dos casos, esses programas de computador trabalham com dois tipos de dados diferentes, sendo eles enfocados por Burrough (1986) citado por Andrade (1999), Maguire *et. all.* (1992) e Burrough & McDonnell (1998): o dado espacial ou geográfico e o dado não espacial ou atributo. A localização das feições geográficas na superfície da Terra é registrada através da utilização de um sistema de coordenadas, enquanto que os atributos são informações complementares associadas aos dados espaciais, registrados na base de dados. Câmara *et al.* (1997) acrescenta que ambos os dados apresentam ainda características temporais.

Silva *et. all.* (2008, pag. 19) explicam que “um objeto geográfico pode ser descrito por meio de um sistema de coordenadas (latitude, longitude e altitude, ou sistema de coordenadas relativas), de suas propriedades (atributos) e de suas relações (topologia), compondo desta forma um conjunto de dados espaciais e não espaciais”.

Os dados espaciais [...] podem ser representados espacialmente, ou seja, de forma gráfica, explica Fitz (2008, pag. 53). Os dados geográficos tornam-se mais significativos quando observados num contexto espacial, por isso, recorre-se a cartografia para visualizar a distribuição espacial dos fenômenos (Rosa & Brito, 1996, pag. 36). Denota ainda, qualquer tipo de dado que descreve fenômenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial,

explicam Câmara *et al.* (1997). Estes dados constituem-se em imagens, mapas temáticos ou planos de informações (Fitz, 2008), ou *overlays*, “uma forma especial de um mapa geográfico onde cada localização cartográfica tem um atributo temático e cada característica individual é armazenada como planos de informação distintos” (Rosa, 1995). Os dados geográficos podem ser mensurados e representados basicamente por suas dimensões espaciais em ponto, linha e polígono, conforme os trabalhos de Rosa & Brito (1996), Câmara *et. all.* (1997), Teixeira & Christofolletti (1997) e Davis Jr. (2000).

Entendemos por mensuração a atribuição de um número à qualidade de um objeto ou fenômeno segundo regras definidas. O processo de atribuição de números a qualidades de objetos forma a escala de mensuração conforme explicam Rosa & Brito (1996, pag. 10). Câmara *et all.* (2000) resgatam que a referência histórica mais importante sobre os sistemas de medidas aplicados em SIG é o trabalho de Stevens (1951), em que esse autor propõe quatro escalas de mensuração: nominal, ordinal, intervalo e razão.

Na escala *nominal*, se descreve a qualidade através de nomes, sem nenhuma ordem específica e escala de referência, como exemplo as classes de uso e ocupação da terra; *ordinal*, quando apresentam variáveis ordinais, listas de classes discretas com ordem inerente representando uma posição numa escala linear não calibrada – ex. ordenação da drenagem; *intervalo*, quando representam quantidades em termos de posições numa escala linear calibrada, sem a definição de um ponto de partida específico, podendo ser exemplificado com dados de temperatura em intervalos regulares; *razão*, que possui as mesmas características que as variáveis de intervalo, mas o zero natural ou uma posição qualquer é fixado como ponto de partida, numa escala linear, a exemplo da distância física (ROSA & BRITO, 1996; STAR & ESTES, 1990 e TOMLIN, 1990 citados por ANDRADE, 1999; CÂMARA *et. all.* 1997/2000; BURROUGH & MCDONNELL, 1998).

Em SIG os dados mantêm relações topológicas. Em síntese, a topologia define o relacionamento espacial das feições geográficas. A topologia facilita o processamento de funções analíticas como a modelagem do fluxo através das linhas conectadas de uma rede, combinação de polígonos adjacentes com características similares, identificação de feições adjacentes e sobreposição de feições geográficas (TEIXEIRA & CHRISTOFOLETTI, 1997; BURROUGH & MCDONNELL, 1998; ANDRADE, 1999; CÂMARA *et. all.*, 2000).

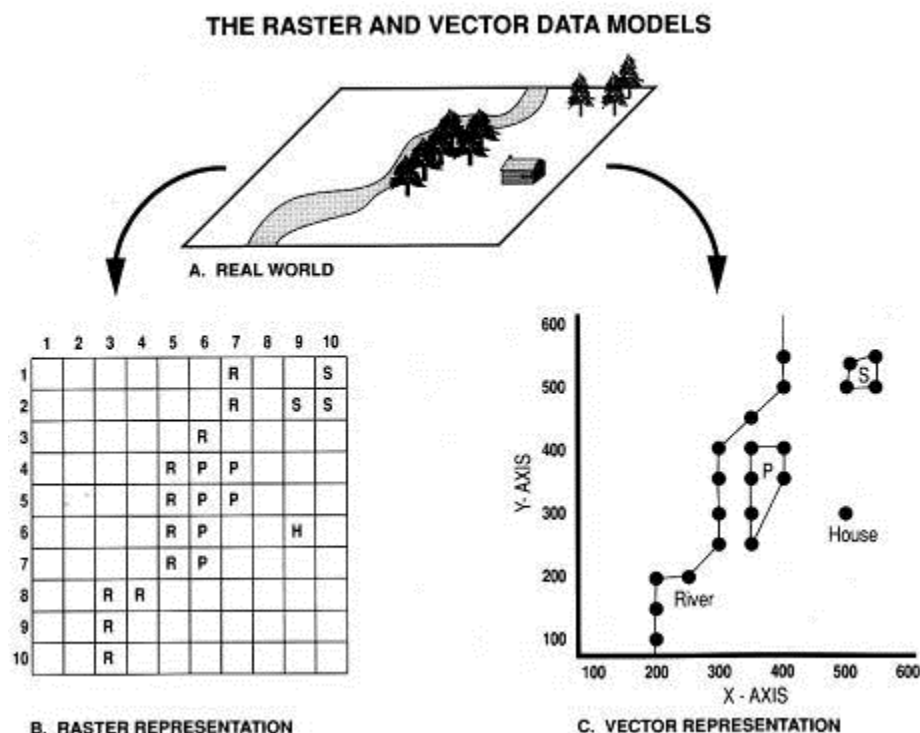


Figura 06 – Modelo de dados em formato raster e vetor representando uma determinada porção da paisagem (ARONOFF, 1995).

As estruturas de tais tipos de dados podem estar atreladas a duas grandes classes de representações geométricas, sendo elas a estrutura vetorial e a estrutura matricial (**Figura 06**). Quando se opta pela representação vetorial, há a intenção de reproduzir o objeto estudado o mais precisamente possível. Suas feições são representadas por pontos ou linhas que definem seus limites, polígonos. A posição de cada objeto é definida pela sua colocação no mapa

organizado por um sistema georreferenciado (ROSA & BRITO, 1996; TEIXEIRA & CHRISTOFOLETTI, 1997; BURROUGH & MCDONNELL, 1998; CÂMARA *et. all.* 2000).

No caso da representação matricial há o uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado. A cada célula atribui-se um código referente ao atributo estudado, de tal forma que o computador saiba a que elemento ou objeto pertence determinada celular. Células são também chamadas de *pixel* (ROSA & BRITO, 1996; TEIXEIRA & CHRISTOFOLETTI, 1997; BURROUGH & MCDONNELL, 1998; CÂMARA *et. all.* 2000).

Isto nos remete às técnicas de sensoriamento remoto, o *pixel* é o elemento fundamental na concepção de imagens ou cenas obtidas por sensores a distância. As técnicas de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizadas para o levantamento dos recursos naturais, e principalmente para o mapeamento do uso e ocupação da terra, no mapeamento de solos, na determinação de remanescentes florestais, sendo um recurso indispensável, pois oferece ganho de tempo, precisão de limites e visão global da paisagem, com riqueza de detalhes, dependendo das características do sistema (GARCIA, 1982; LILLESAND & KIEFER, 1987).

O monitoramento da paisagem de uma região é fator primordial no planejamento racional de utilização da terra, face principalmente à velocidade de ocupação do espaço e ao pouco conhecimento dos recursos naturais nela existentes. Os produtos dos Sistemas de Informação Geográfica, do Sensoriamento remoto orbital e as técnicas do Geoprocessamento têm sido importantes não só na aquisição primária de informações como no inventário e gerenciamento da paisagem em países de dimensões continentais, como o Brasil (ASSAD & SANO, 1998).

Fato reforçado por Novo (1989), que ressalta a importância da utilização destas tecnologias, principalmente num país de proporções continentais como o Brasil, o sensoriamento remoto pode e tem sido utilizado em áreas importantes e prioritárias ligadas ao

levantamento de recursos naturais e ao monitoramento do meio ambiente para o benefício do nosso desenvolvimento econômico e social.

O sensoriamento remoto tem sido de suma importância para se detectar e mapear a superfície terrestre. Possibilita, conforme Ross (2003), análises de grandes extensões territoriais e, conseqüentemente, permitem uma visão globalizada da distribuição das comunidades biológicas e seus arranjo. Através de seus inúmeros produtos, principalmente as imagens de satélites (visão bidimensional) e modelos numéricos do terreno (aspecto tridimensional), tem proporcionado uma visão de conjunto multitemporal das paisagens, e tem apresentado conforme Florenzano (2002), através de uma visão sinóptica, a possibilidade de estudos regionais e integrados, e revelando a dinâmica destes ambientes expressos nas transformações naturais e antrópicas.

É definido por Novo (1989), Rosa (2007) e Teixeira & Christofolletti (1997) como uma técnica que utiliza sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, na captação e no registro da energia eletromagnética refletida ou emitida por elementos na superfície terrestre ou por outros astros, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro das interações entre a radiação eletromagnética e as componentes do planeta Terra e suas diversas manifestações.

Dias (1998) cita que Tricart no ano de 1979 publica o texto “*Paisagem & Ecologia*” já mencionava a importância do sensoriamento remoto em estudos da paisagem. Para Tricart os sensores remotos capazes de captar informações da paisagem não perceptíveis para os olhos humanos, uma vez que registram a energia emitida e/ou refletida pelos corpos em diferentes comprimentos de onda, dentro do espectro eletromagnético.

Tudo esse avanço tecnológico na detecção de alvos na superfície terrestre ocorre graças aos acontecimentos de meados do século XIX, quando balões equipados com câmaras fotográficas eram lançados para se obter informações do terreno. No avançar do tempo

câmaras fotográficas foram substituídas por modernos equipamentos sensores a bordo de satélites que “fotografam” a terra em detalhes a centenas de quilômetros de distância. Sensores instalados a bordo de aeronaves e satélites artificiais, dão uma visão de conjunto do meio ambiente, fornecendo enorme quantidade de informações multidisciplinares (MARCHETTI & GARCIA, 1977; NOVO, 1992).

Garcia (1982), Lillesand & Kiefer (1987), Novo (1992), Florenzano (2002), Liu (2006) e Rosa (2007) ressaltaram: O termo Sensoriamento Remoto é restrito aos processos e técnicas que se utilizam a energia eletromagnética na detecção e medida das características de objetos, áreas e fenômenos, incluindo-se aqui as energias relativas a luz, calor e ondas de rádio, e reforçam a condição de que não exista contato entre o objeto e o equipamento sensor.

As atividades envolvidas no sensoriamento remoto são a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética quando, emitida pelo Sol ou por sensores ativos, refletida ou emitida na forma de calor pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos.

O processo de aquisição ou coleta de dados é representado pela **Figura 07** compreende, conforme Silva (2007), uma fonte de radiação eletromagnética (REM), normalmente o Sol, e um dispositivo eletro-óptico-mecânico, denominado sensor. O sistema sensor capta a REM na forma de níveis discretos de energia refletidos e/ou emitidos por alvos, de maneira seletiva em relação ao comprimento de onda. O registro é convertido em sinal elétrico pelos detectores e, posteriormente, amplificado por circuitos eletrônicos para ser transmitido em uma determinada frequência às estações receptoras em Terra.

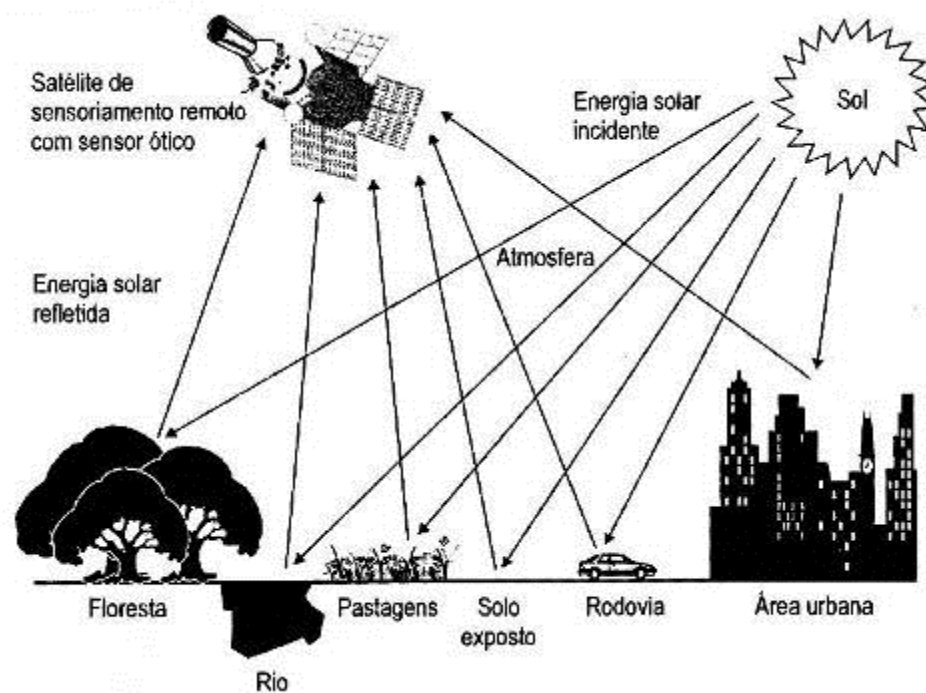


Figura 07 – Processo de “Imageamento” com Sensoriamento Remoto (Duque & Mendes, 2006).

Liu (2006) ressalta a importância em saber qual o limite teórico a partir do qual um sensor de satélite pode identificar os alvos na superfície terrestre, o qual está relacionado com a comparação entre a velocidade do satélite com a velocidade de registro dos sinais manifestados pelo alvo na superfície. Assim, a obtenção dos dados pelo sensor no satélite (registro) está intimamente ligada à altura e velocidade do mesmo.

A energia eletromagnética é o meio pelo qual a informação é transmitida de um objeto ao sensor com uma velocidade de 300.000 km/s no vácuo. O fluxo de radiação eletromagnética, ao se propagar no espaço, pode interagir com superfícies ou objetos, sendo por estes refletido, absorvido e/ou reemitido. Este fluxo depende fortemente das propriedades físico-químicas dos elementos irradiados, e o fluxo resultante constitui valiosa fonte de informações a respeito daquelas superfícies ou objetos (LIU, 2006; ROSA, 2007).

A radiação eletromagnética (REM) é definida por Rosa (2007) como sendo a forma de energia que se move à velocidade da luz, seja em forma de ondas ou de partículas

eletromagnéticas, e não necessita de um meio material para se propagar. Para o autor, a REM é gerada quando uma partícula eletrizada é acelerada, possuindo assim duas componentes, uma elétrica e outra magnética, que vibram perpendicularmente à direção de propagação (**Figura 08**).

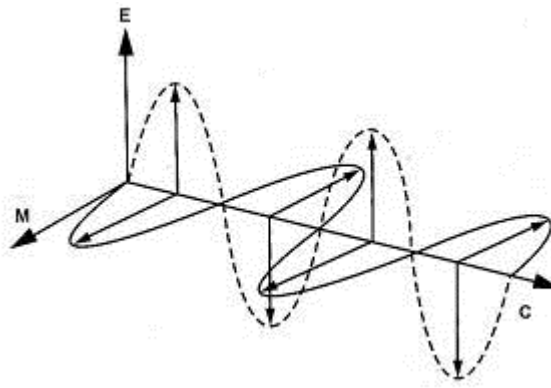


Figura 08 - Esquema de uma onda eletromagnética: campo elétrico (E), campo magnético (M) e sentido de propagação (c) (Moreira, 2005).

A energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de espectro eletromagnético. Suas subdivisões são apresentadas de acordo com as características de cada região do espectro. Cada subdivisão é função do tipo de processo físico que dá origem a energia eletromagnética, do tipo de interação que ocorre entre a radiação e o objeto sobre o qual esta incide, e da transparência da atmosfera em relação à radiação eletromagnética como mostra a **Figura 09** (FLORENZANO, 2002).

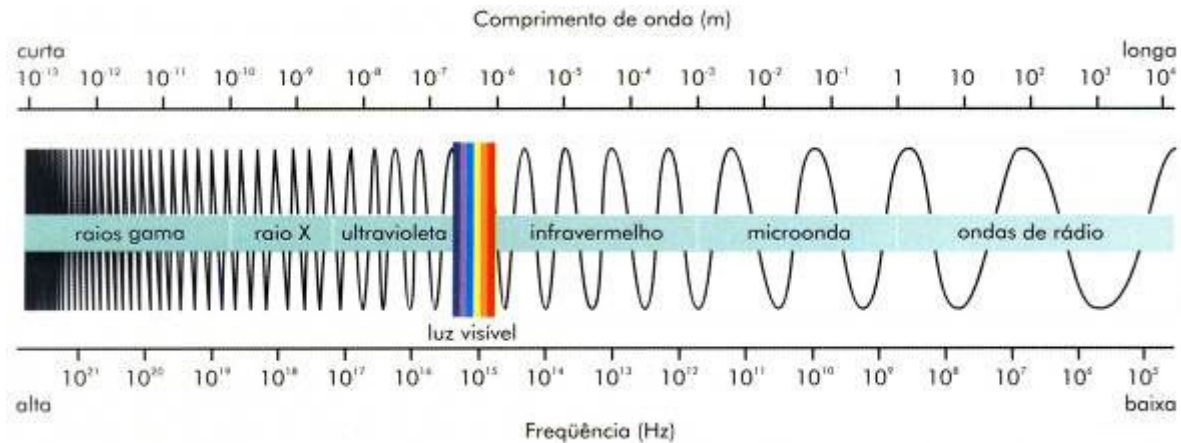


Figura 09 – Espectro eletromagnético (Florenzano, 2002).

Quando a energia eletromagnética encontra a matéria, quer seja sólida, líquida ou gasosa; várias interações são possíveis; estas interações podem produzir mudanças na radiação eletromagnética incidente. O sensoriamento remoto detecta e registra estas mudanças, e as imagens e os dados resultantes, são interpretados para identificar as características da matéria que produziu tais modificações (GARCIA, 1982).

Novo (1989) deixa claro que o conhecimento desses termos radiométricos e dos sistemas de imageamento é de grande importância para a compreensão do processo de extração de informações sobre os objetos da superfície, a partir de dados de Sensoriamento Remoto.

Epiphanyo *et. all.* (2010, pag. 74) cita como propriedades básicas de um sensor a *resolução espacial*, *resolução temporal*, *resolução radiométrica* e a *resolução espectral*. O termo resolução refere-se as características básicas de uma imagem como a *resolução espacial*, que se refere a capacidade de detalhamento espacial dos objetos, variando de dezenas de centímetros a centenas de metros; a *resolução espectral*, que relaciona-se ao número e largura das bandas espectrais de operação, que por sua vez, ampliam a capacidade de discriminação dos objetos na superfície e portam informações relacionadas a determinadas características físicas e químicas dos alvos e varia de mais de 200 bandas espectrais, quanto maior o numero de bandas mais estreitas são as faixas espectrais de observação; *resolução*

temporal que indica a possibilidade de imagear o mesmo alvo com maior ou menor frequência de tempo, variando de dia a semanas; e por fim, a *resolução radiométrica* que relaciona-se à possibilidade de delinear pequenas diferenças de energia refletida ou emitida pelos objetos (em geral, varia de seis a 12 *bits* para os sistemas ópticos).

Na tese utiliza-se imagens dos satélites da série Landsat 1, Landsat 3 e Landsat 5 obtidas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE – www.inpe.br/CDSR). Os satélites Landsat foram equipados com diversos sensores em toda a história de sua série e, quanto sua carga útil, a **Tabela 02** traz um balanço desta evolução. Dentre os sistemas apresentados, os subsistemas de varredura MSS são equipamentos que permitem o imageamento de linhas do terreno numa faixa de 185 km, perpendicularmente à órbita do satélite.

O sistema RBV é um tipo de sensor que permite observar a cena imageada como um todo de forma instantânea à semelhança de uma câmera fotográfica. O sensor TM é um sistema avançado de varredura multiespectral concebido para proporcionar resolução espacial mais fina, melhor discriminação espectral entre objetos da superfície terrestre, maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica em relação ao sensor MSS. O sensor ETM+ tem a configuração básica do TM, porém inclui um canal pancromático (da região visível e infravermelho próximo) com uma resolução espacial de 15 metros e uma resolução espacial do canal termal de 60 metros (NOVO, 1989; FLORENZANO, 2002).

Tabela 02 - Características dos satélites da série Landsat

DURAÇÃO CICLO COBERTURA	SENSOR	OPERAÇÃO		SISTEMA DE VARREDURA MULTIESPECTRAL				CÂMERAS DE TELEVISÃO	
		Início	Fim	MSS	MSS	TM	ETM+	3RBV	2RBV
	NºCanais			4	5	7	8	3	1
	Resol.(m)			80	80 240	30 120	30 60	80	30
18	Landsat1	Jul,72	Jan,78	■	□	□	□	▣	□
18	Landsat2	Jan,75	Jul,83	■	□	□	□	▣	□
18	Landsat3	Mar,78	Set,83	□	■	□	□	□	■
16	Landsat4	Jul,82	Dez,93	■	□	■	□	□	□
16	Landsat5	Mar,84	---	■	□	■	□	□	□
---	Landsat6	Out,93	Out,93	---	---	---	---	---	---
16	Landsat7	Abr,99	2003	□	□	□	■	□	□

■ - Operando a bordo do satélite; ▣ - Operando a bordo do satélite mas pouco utilizado em levantamento de recursos naturais; □ - Ausente.

Adaptado de Harris (1987), Curran (1985) citado por Novo (1989), Engesat (2002) e Embrapa (2007) e Organizado por LEITE (2007).

Tomando como referência os escritos de Harris (1987), Lillesand & Kiefer (1987), INPE (2001), Florenzano (2002), Rosa (2007) e Embrapa (2007) a **Tabela 03** descreve as bandas do sensor MSS do Landsat 1/2/3, numeradas de 4 a 5 e apresenta um breve resumo das aplicações principais. Os sensores são equipamentos que captam e registram a energia refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre. Existem sensores operando em diferentes regiões do espectro eletromagnético. Dependendo do tipo, o sensor capta dados de uma ou mais regiões do espectro.

Tabela 03 - Características e aplicações por banda do sensor MSS/Landsat 1/2/3

(MSS) INTERVALO		
BANDA	ESPECTRAL SENSOR	APLICAÇÕES
4	(0,5 – 0,6 μm) Verde	Uso do solo, vegetação, áreas urbanas, qualidade d'água.
5	(0,6 – 0,7 μm) Vermelho	Diferenciação de espécies vegetais, agricultura, qualidade d'água, áreas urbanas.
6	(0,7 – 0,8 μm) Infra-vermelho próximo	Delineamento de corpos d'água, mapeamento geológico, mapeamento geomorfológico, áreas úmidas.
7	(0,8 – 1,1 μm) Infra-vermelho próximo	Delineamento de corpos d'água, mapeamento geológico, mapeamento geomorfológico, áreas úmidas, queimadas.
8	(10,4 – 12,6 μm) infra-vermelho termal	Correntes marinhas, diferenças de temperatura dos alvos da superfície terrestre – Apenas para LANDSAT 3.

Org. LEITE (2007).

Segundo Câmara *et al.* (1996), Florenzano (2002) e Lillesand & Kiefer (1987) a partir do Landsat 4 e 5, ao invés do sensor RBV, a carga útil do satélite passou a contar com o sensor TM (*Thematic Mapper*), operando em 7 faixas espectrais. Esse sensor conceitualmente é semelhante ao MSS, pois é um sistema de varredura de linhas (*line-scanner*). Incorpora, entretanto, uma série de aperfeiçoamentos, quer nos seus componentes ópticos, quer nos seus componentes eletrônicos. O Sensor TM é um sistema avançado de varredura multiespectral concebido para proporcionar: resolução espacial mais fina, melhor discriminação espectral entre objetos da superfície terrestre, maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica em relação ao sensor MSS. As características e aplicações destes sensores são especificadas na **Tabela 04**.

As vantagens da utilização do Sensoriamento Remoto como sistema de aquisição de dados são vastas, e dentre estas podemos destacar, como descrito por Silva (2007), a capacidade de aquisição repetitiva e rápida de uma grande quantidade de informações, o recobrimento de grandes áreas, o baixo custo relativo, a alta resolução atualmente obtida a

partir de diferentes tipos de sensores, e a integração com os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Não se pode esquecer, também, o caráter multidisciplinar do Sensoriamento Remoto, pois permite a interação com várias outras ciências, como, por exemplo, a Geografia, Geologia, Engenharias, Biologia, Economia, Oceanografia e Meteorologia.

No processo de análise da paisagem por geoprocessamento, conforme explicam Assad & Sano (1998, pag. 5), “os diferentes fenômenos geográficos, ao se distribuírem sobre a superfície da Terra, estabelecem padrões de ocupação”, e cabe ao geoprocessamento determinar e esquematizar mecanismos implícitos e explícitos de inter-relação entre eles. Os autores citam como padrões de inter-relação a:

Correlação espacial: um fenômeno espacial (e. g., a topografia) está relacionado com o entorno que o forma tão mais intensamente quanto maior for a proximidade de localização. Diz-se informalmente que coisas próximas são parecidas.

Correlação temática: as características de uma região geográfica são moldadas por um conjunto de fatores. Assim, as formas geológicas, o solo, o clima, a vegetação e os rios formam uma totalidade inter-relacionada. Deste modo, pode-se traçar pontos de correspondência entre o solo e a vegetação de uma região.

Correlação temporal: a fisionomia da Terra está em constante transformação, em ciclos variáveis para cada fenômeno. Cada paisagem ostenta as marcas de um passado mais ou menos remoto, apagado ou modificado de maneira desigual, mas sempre presente (Dolfus, 1991); ou

Correlação topológica: de particular importância na representação computacional, as relações topológicas como adjacência, pertinência e intersecção, permitem estabelecer os relacionamentos entre os objetos geográficos que são invariantes à rotação, à translação e à escala (ASSAD & SANO, 1998, pag. 5).

Nota-se a partir do exposto, enorme papel que o geoprocessamento e suas geotecnologias podem exercer na busca de uma visão integrada da paisagem, possibilitando ao geógrafo ou ao analista da paisagem ferramentas para a coleta, armazenamento, processamento, manipulação e análise dos diferentes tipos e natureza de dados que a caracterizam.

Tabela 04 - Características e aplicações e bandas do sensor TM/Landsat5 (Inpe 2007)

BANDA	INTERVALO		APLICAÇÕES
	ESPECTRAL		
1	(0,45 - 0,52 μm)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenoides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.	<p>Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.</p> <p>A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise de litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.</p>
2	(0,52 - 0,60 μm)		
3	(0,63 - 0,69 μm)		
4	(0,76 - 0,90 μm)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com <i>pinus</i> e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrofitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.	
5	(1,55 - 1,75 μm)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.	<p>Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.</p> <p>Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.</p>
6	(10,4 - 12,5 μm)		
7	(2,08 - 2,35 μm)		

Org. LEITE (2007).

Moura (2002, 2005) ressalta que “os recursos do geoprocessamento aparecem, nessa oportunidade, como importantes instrumentos que podem proporcionar as associações/sínteses/correlações entre as diferentes análises [...]”. Para Florenzano (2008, pag. 121) foi dessas análises integradas que impulsionou o desenvolvimento dos SIGs, “com a utilização destes sistemas, é possível integrar mapas temáticos e obter um mapa síntese”, também, os mapas de unidades da paisagem.

Quanto às unidades da paisagem, explicam Martinelli & Pedrotti (2001, pag. 41), são reconhecidas “como resultado da conjunção de fatores distintos, como a história geológica, a morfogênese do relevo, o clima em seu movimento, a dinâmica biológica e a participação da ação humana em sua evolução histórica”.

O conceito científico de paisagem como entendemos, observa Tricart (1981, pag. 8), “abrange uma realidade que reflete as profundas relações, frequentemente não visíveis entre seus elementos. A pesquisas dessas relações é um tema de investigação regida pelas regras do método científico”. O autor lembra que a “paisagem começa mais ou menos nitidamente em um lugar e termina num outro”, assim, é passível de ser cartografada. A cartografia para Sochava, cita Bolós i Capdevila *et. all.* (1992, pag. 19), “constituye una base para cualquier estudio del paisaje y del geosistema”. Para Bertrand (1972, pag. 25) o estudo da distribuição espacial dos geossistemas é, pois um problema de geografia “ativa” que vem reforçar o interesse da pesquisa cartográfica.

Para Martinelli & Pedrotti (2001, pag. 40) “não podemos mais conceber representações sobre a realidade espacial, a do espaço humano, de forma analítica e fragmentada. Devemos esforçar-nos na busca de uma cartografia de reintegração, de reconstrução do todo”.

Nesse contexto, da cartografia ambiental, os autores explicam que

A cartografia de unidades de paisagem se concebe como uma cartografia ambiental de síntese, uma vez que aquelas se comportam como geossistemas, portanto dotadas de morfologia (definida por estruturas verticais, caracterizadas por fisionomia, massa e energia; e horizontais, vislumbradas através de combinações espaciais de estruturas verticais, variáveis no tempo), funcionamento (visto como o conjunto de transformações devidas à intervenção de variados fatores) e comportamento (entendido como o conjunto das mudanças internas de estado, que intervêm diacronicamente) (MARTINELLI & PEDROTTI, 2001, pág. 42).

Essa cartografia é concebida a partir de um juízo de síntese, onde apresentaria “conjuntos espaciais, com identidade peculiar e marcante, que são agrupamentos de lugares caracterizados por agrupamentos de atributos, que a pesquisa individualizou”, explicam Martinelli & Pedrotti (2001, pág. 42). Exigiria desta forma, conforme Rodriguez & Silva (2002, pag. 95) “a aplicabilidade de sólidas fundamentações teóricas e metodológicas, sustentadas em visões holísticas, integradoras e sistêmicas das unidades ambientais naturais e sociais”.

Para se chegar a uma representação gráfica e visual das unidades da paisagem, Zacharias (2010, pag. 115) elenca a necessidade de duas etapas de cartografia distintas. Uma Cartografia analítica, que propõem uma análise fragmentada de todos os elementos necessários para a construção de cenários representativos (unidades de paisagem). Leva como base os levantamentos físicos e socioeconômicos. Outra cartografia de síntese, onde se confecciona o mapa, ou mapas finais, fruto de integração das informações anteriormente analisadas.

Estes mapas, como explica Galati (2006, pag. 13), é o exemplo mais óbvio de um produto de informação geográfica, satisfaz o desejo do público em geral ter tudo apresentado num documentos universalmente reconhecível. Os mapas são a segunda faceta da informação geográfica.

Ao identificarmos e mapearmos as potencialidades e fragilidades da paisagem, temos naturalmente subsídios ao zoneamento geoambiental, intrinsecamente ligados à qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica. Nesta acepção, Botelho & Silva (2004, pag. 154) alertam que

“é preciso entender a qualidade ambiental como reflexo da ação do homem sobre o espaço e seus componentes em um dado momento. Os diferentes níveis de qualidade encontrados são variáveis no tempo e no espaço e são dependentes das demandas e usos dos recursos naturais por parte das sociedades, marcadas econômica e culturalmente de formas variadas” (Botelho & Silva, 2004, pag. 154).

Sabe-se que para o conhecimento das reais potencialidades e limitações de uso e ocupação de uma determinada área é preciso levantar dados acerca de seus atributos físicos, como clima, geologia, relevo, solos, rede de drenagem e vegetação (Botelho, 2005, pág. 269). Estas características, ao serem levadas em conta, norteiam as restrições e/ou legitimam os usos na bacia. Para isso, uma alternativa estratégica para a aplicação destes conceitos, é o zoneamento das potencialidades e fragilidades da paisagem a partir da cartografia de suas unidades.

Conforme Santos (2004, pág. 128), “o caminho para representar a integração é por meio da discretização, segmentação e estratificação do espaço em unidades territoriais homogêneas”. A autora explica que devemos, desta forma, “realizar uma análise de todos os temas envolvidos em cada ponto” da paisagem analisada, e, ainda, “agrupar os pontos que têm funções características e funções comuns, segmentar os agrupamentos em setores e denominar cada setor segundo suas características ou critérios pré-estabelecidos”. Exemplificando citam-se os critérios de vulnerabilidade ou fragilidade. Santos ressalta que esse caminho é construído por meio de análise espacial, cujo produto é apresentado por documentação cartográfica.

Corroborar com essa idéia, Boix (1996, citado por Botelho, 2005, pág. 289) ao explicar que essa “avaliação pode estar apoiada no estudo das capacidades ou potencialidades de uso e ocupação” da bacia hidrográfica, como uma avaliação de capacidade de suporte. Ainda, no estudo dos impactos que a implantação e desenvolvimento que as atividades antrópicas produziram na paisagem.

O mapeamento das unidades ambientais em bacias hidrográficas segue o modelo cartográfico de sobreposição de planos de informação e, ainda, busca representar a análise da paisagem, organizando espacialmente as informações sobre ela levantadas. Variações de lugar para lugar representam uma qualidade inerente da paisagem, que constitui um sistema espacial, ao menos em regiões definidas, notadamente a bacia hidrográfica [...]. A possibilidade de reconhecimento e mapeamento de unidades ambientais decorre da própria evolução da paisagem como um sistema espacial, que conduz a uma certa ordenação de seus elementos físicos [...] (BOTELHO, 2005, pág. 288).

Deste modo, é no contexto do geoprocessamento que se apresentam recursos teóricos e metodológicos para uma incorporação destas informações num banco de dados geográficos e a realização de uma análise integrada da paisagem se torne realidade. Fato indispensável, frente às necessidades de uma relação mais equilibrada com a paisagem, num sentido de propor uma orientação aos usos antrópicos que considerem a estabilidade e a vulnerabilidade de suas unidades na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.

3.0. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. A área de estudo


A área de estudo, denominada de bacia hidrográfica do Rio Formiga, está localizada no Estado do Tocantins, Brasil. O nome deriva de seu principal curso d'água, o Rio Formiga, com aproximadamente 96,5 km de comprimento, afluente da margem direita do Rio Tocantins, compondo desta forma parte da bacia hidrográfica do Rio Tocantins. Possui uma área territorial de aproximadamente 1.801,93 km², e está compreendida entre os paralelos 11°05' e 11°30' de latitude Sul (S) e entre os meridianos 47°40' e 48°30' de longitude Oeste de Greenwich (W). Ocupa parte de área dos municípios de Ipueiras (280,39 km²), Silvanópolis (471,95 km²), Pindorama do Tocantins (54,14 km²) e Santa Rosa do Tocantins (995,45 km²), distando aproximadamente 250 km da capital do Estado, Palmas (**Figura 10**).

Conforme informações do município de *Ipueiras-TO* disponibilizadas pelo IBGE (2011) a origem do nome Ipueiras vem de charco ou lagoeiro formado pelo transbordamento dos rios em lugares baixos, onde as águas se conservam durante meses e são piscosas e era o nome dado a fazenda de propriedade do Sr. Major Tintino (José Martins Pereira de Barros), posteriormente transformada em povoado, localizada ao lado direito do Rio Tocantins, nessa altura transformado em Lago originário da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães que finaliza exatamente nessa posição geográfica do Estado do Tocantins.

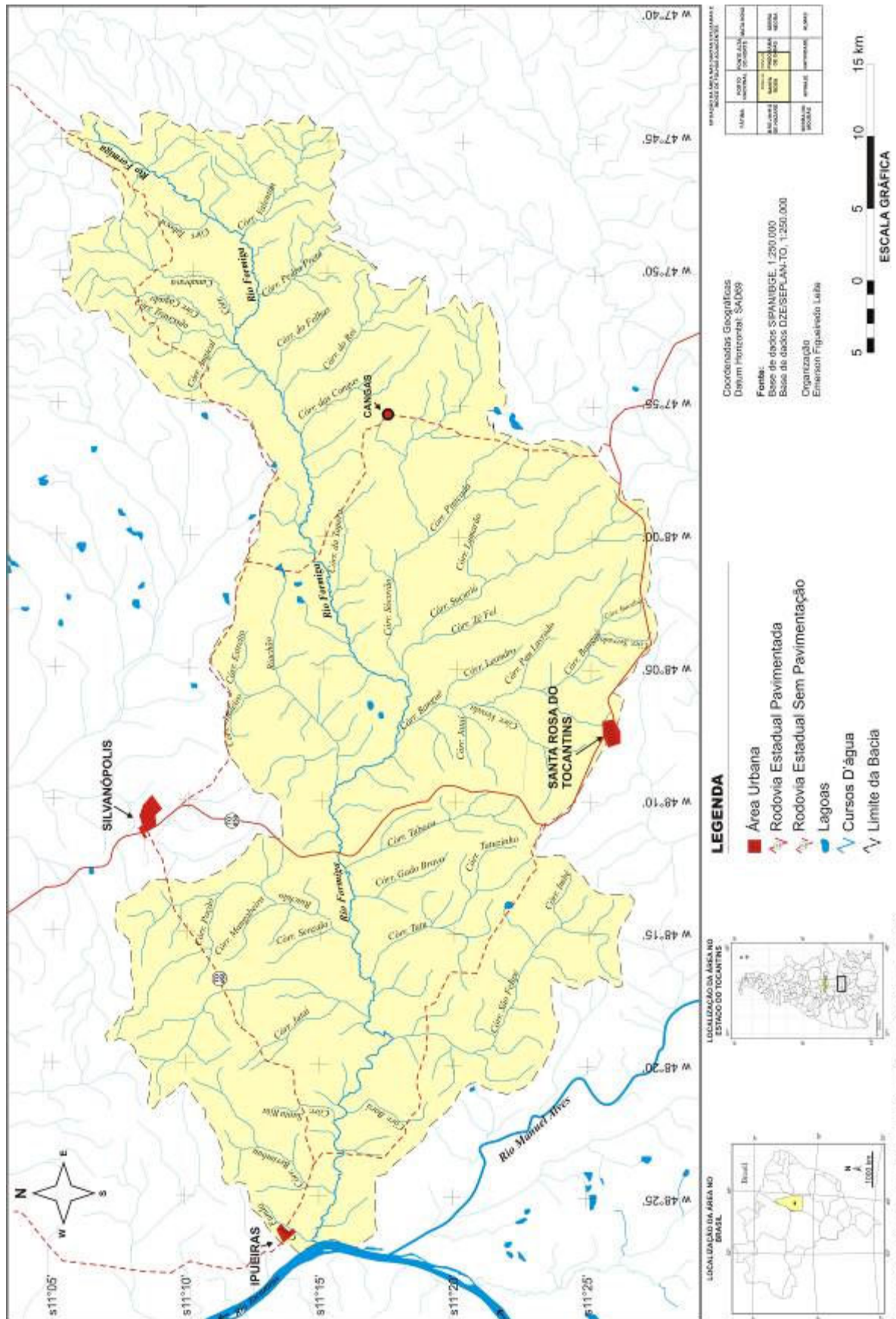
É registrada na história local a mudança da cidade para região à direita da serra, mais acima do rio, em decorrência de enchentes, sendo a mais devastadora a ocorrida na década de

80. A comunidade em regime de mutirão reuniu-se em prol da construção de uma pequena capela de pau a pique, onde eram feitas as preces e celebrações cristãs. O local servia ainda como sala de aula. Mais tarde, a construção seria trocada em seu material, por adobe, para, posteriormente, após sete anos em construção, dar lugar a um prédio de alvenaria, coberto por telhas de barro (IBGE, 2011).

Tabela 05 – Informações básicas sobre o município de Ipueiras-TO.

ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE IPUEIRAS	
	
<i>População em 2009</i>	1.639 hab.
<i>Índice de Desenvolvimento Humano</i>	0,659
<i>Área do município</i>	815 km ²
<i>Densidade Demográfica</i>	2,01 hab./km ²

Fonte: ODM (2011)



Ainda na primeira localidade ocupada pelos habitantes do povoado, a vida cotidiana se traduzia em isolamento. Os mantimentos vinham pelos barcos, dos municípios vizinhos de Brejinho de Nazaré e Gurupi, através do Rio Tocantins, e, o acesso a outros municípios era feito por animais de montaria. Foi graças à luta de algumas lideranças locais, aliadas a outras regionais (Porto Nacional) que foi possível o desmembramento do município de Porto Nacional. Desde a fundação do povoado é possível destacar-se alguns colonizadores que exerceram importante papel de liderança na construção da história de Ipueiras: Major Tintino, Manoel Buião, Tereza Ferreira de Barros, Lió, João Guimarães, Elias de Sena, Nazaré de Souza, José Nunes, Doca Pereira, José Ferreira dos Santos, Antônio Poincaré, Israel Siqueira (IBGE, 2001).

Quanto à formação administrativa o Distrito foi criado com a denominação de Ipueiras, pela lei municipal nº 3, de 07-05-1963, subordinado ao município de Porto Nacional. Em divisão territorial datada de 31-XII-1963, o distrito de Ipueiras, figura no município de Porto Nacional. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 1993. Foi elevado à categoria de município com a denominação de Ipueiras, pela lei estadual nº 801, de 19-12-1995, desmembrado do município de Porto Nacional. Sede no antigo distrito de Ipueiras. Constituído do distrito sede e instalado em 01-01-1997. Quem nasce em Ipueiras é chamado de ipueirense (IBGE, 2011).

Já o município de **Silvanópolis-TO** tem sua formação administrativa a partir do Distrito criado com a denominação de Silvanópolis, pela lei municipal nº 4, de 07-05-1963, subordinado ao município de Porto Nacional. Em divisão territorial datada de 31-XII-1963, o distrito de Silvanópolis, figura no município de Porto Nacional. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 1-1-1979. Elevado à categoria de município com a denominação de Silvanópolis, pela lei estadual nº 8843, de 10-06-1980, desmembrado do município de Porto Nacional (IBGE, 2011).

Tabela 06 - Informações básicas sobre o município de Silvanópolis-TO.

ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SILVANÓPOLIS	
	
<i>População em 2009</i>	5.071 hab.
<i>Índice de Desenvolvimento Humano</i>	0,667
<i>Área do município</i>	1.259 km ²
<i>Densidade Demográfica</i>	4.03 hab./km ²

Fonte: ODM (2011)


A história do município de ***Pindorama do Tocantins-TO***, outro município com área na bacia hidrográfica do Rio Formiga, conta que no ano de 1947, o Governo de Goiás autorizou a construção de prédios escolares em vários municípios goianos, dentre esses, Natividade. Em 1948, o Major Júlio Nunes da Silva, Prefeito de Natividade, preparou uma comissão composta pelo Presidente da Câmara, o Senhor João Araújo, pelo Tenente Salvador e pelo Major Veríssimo. Estes se dirigiram à então casa do Senhor Adelino Pedro Belém (Seu Deco) na Fazenda Aldeia e solicitaram ao mesmo que formasse outra comissão para juntos procurarem

um local no qual seria construído o prédio. Este escolheu os Senhores Zeferino Braz, Alexandre Belém e José Lima, todos moradores da região, formando a outra comissão (IBGE, 2011).

Após várias andanças à procura do local ideal, as comissões decidiram que o prédio seria construído próximo ao Ribeirão Gameleira, nas terras de propriedade do Senhor Deco Belém e da Senhora Josefa Belém, que fizeram a doação do terreno para edificação do prédio escolar. Em 28 de outubro de 1948 o prédio foi inaugurado, recebendo o nome de “Prédio Escolar General Eurico Gaspar Dutra”. A partir daí várias famílias começaram a construir casas próximas à escola, iniciando assim, o povoamento da área. Imigrantes nordestinos, principalmente da Bahia e do Piauí, pouco a pouco vão povoando a região, em busca de terras férteis para suas atividades agrícolas, trabalho para a família e escola para os filhos (IBGE, 2011).

O grande número de palmeiras existentes na região originou o nome “Pindorama”. Em 1954 o então Vereador Alexandre Pedro Belém apresentou um projeto na Câmara Municipal de Natividade, propondo que o povoado se tornasse Distrito, sendo aprovado. Em 1962, o então Vereador Benedito Oliveira, apresentou o projeto de lei à Câmara Municipal de Natividade requerendo a emancipação política e administrativa do Distrito de Pindorama, aprovado, foi encaminhado à Assembleia Legislativa do Estado de Goiás que, através da Lei nº 1.461, de 08 de outubro de 1963, elevou o Distrito de Pindorama à cidade, com o nome de Pindorama de Goiás, tendo como primeiro Prefeito o Senhor Manoel dos Santos Rosal, empossado em 1º de janeiro de 1964, que governa o município por pouco tempo sofrendo intervenção da Ditadura Militar sendo deposto e substituído pelo interventor Benedito Oliveira (IBGE, 2011).

Tabela 07 – Informações básicas sobre o município de Pindorama do Tocantins-TO

ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE PINDORAMA DO TOCANTINS	
	
<i>População em 2009</i>	4.506 hab.
<i>Índice de Desenvolvimento Humano</i>	0,658
<i>Área do município</i>	1.559 km ²
<i>Densidade Demográfica</i>	2,89 hab./km ²

Fonte: ODM (2011)

Distrito criado com a denominação de Pindorama, pela lei municipal nº 3, de 03-04-1957, subordinado ao município de Natividade. Em divisão territorial datada de 1-VII-1960, o distrito de Pindorama, figura no município de Natividade. Elevado à categoria de município com a denominação Pindorama de Goiás, pela lei estadual nº 4651, de 08-10-1963, desmembrado de Natividade. Sede no atual distrito de Pindorama de Goiás (ex-Pindorama).

Constituído do distrito sede. Instalado em 01-10-1964. Alteração toponímica distrital passou de Pindorama para Pindorama de Goiás, alterado pela lei estadual nº 4651, de 08-10-1963 e atualmente denominada de Pindorama do Tocantins. Gentílico usual é pindoramente (IBGE, 2011).

Ultimo município com área na bacia é denominado de ***Santa Rosa do Tocantins-TO***. Sua história conta que no passado a Fazenda Engenho, onde é hoje o município de Santa Rosa do Tocantins, existiu por quase um século como propriedade rural do Padre José Bernardino de Sena Ferreira. De origem africana, a família do Pe. Bernardino fixou-se na região por volta de 1857, trazendo consigo vários escravos. A origem do nome Santa Rosa surgiu em função do nome da santa de devoção da filha do Pe. Bernardino, senhorita Sinhauta, que pediu uma imagem da santa para sua devoção e oração. Sinhauta recebeu a imagem batizada com o nome de Santa Rosa de Lima em homenagem à primeira Santa beatificada da América Latina. A imagem foi colocada na Casa Grande, residência oficial da família, hoje já demolida, até que fosse construída uma capela, em 1907, pelo coronel Marcolino Nunes da Silva (IBGE, 2011).

O povoado começou a crescer por iniciativa dos próprios moradores da região, que se reuniam para confraternizações. O distrito de Santa Rosa foi criado pela Lei nº 14, de 27 de setembro de 1962, mas a emancipação política só aconteceu em 1º de janeiro de 1988. A instalação do município se deu no dia 1º de junho de 1989, quando o governador Siqueira Campos visitou pela primeira vez a cidade. A primeira prefeita eleita foi dona Ana Thomaz Nunes (Dona Noca), uma emérita lutadora pela emancipação da cidade. O povoado ganhou a primeira escola em 1950, Escola José Martins Torres, onde lecionou o professor Zacarias Nunes da Silveira que foi homenageado, em 1985, com a fundação de uma escola com o seu nome. O município fica a 166 km da capital Palmas, e sua população é de 4.222 habitantes (IBGE, 2011).

Tabela 08 – Informações básicas sobre o município de Santa Rosa do Tocantins-TO

ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SANTA ROSA DO TOCANTINS	
	
<i>População em 2009</i>	4.568 hab.
<i>Índice de Desenvolvimento Humano</i>	0,652
<i>Área do município</i>	1.796 km ²
<i>Densidade Demográfica</i>	2,54 hab./km ²

Fonte: ODM (2011)

Distrito foi criado com a denominação de Santa Rosa, pela lei municipal nº 14, de 27-09-1962, subordinado ao município de Natividade. Em divisão territorial datada de 31-12-1963, o distrito de Santa Rosa, figura no município de Natividade. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 1-07-1983. Elevado à categoria de município com a denominação de Santa Rosa do Tocantins, pela lei estadual nº 10418, de 01-01-1988, desmembrado do município de Natividade. Sede no atual distrito de Santa Rosa do Tocantins (ex-povoado de Santa Rosa). Pela lei municipal nº 057, de 12-11-1993, é criado o distrito de Morro de São João e anexado ao município de Santa Rosa do Tocantins. Pela lei municipal nº 056, de 12-11-1993, é criado o distrito de Cangas e anexado ao município de Santa Rosa do

Tocantins. Em divisão territorial datada de 1995, o município é constituído de 3 distritos: Santa Rosa do Tocantins, Cangas e Morro de São João (IBGE, 2011).

3.2. Considerações metodológicas

As modificações na paisagem no interior de uma bacia hidrográfica, provocadas por fatores de ordem natural ou antrópica, têm levado a inúmeras proposições teórico-metodológicas que, a partir da integração dos diferentes elementos que a compõe, visam a adequação do uso com a potencialidade e/ou fragilidade destas áreas.

Nesse cenário, a bacia hidrográfica se torna entidade geográfica ideal para estudos sistêmicos e integrados da paisagem. Dentre as metodologias aplicadas à bacias hidrográficas, cita-se a *Equação Universal de Perda de Solos* – EUPS (*Universal Soil Loss Equation* – USLE de Wischmeier & Smith (1978) e suas adaptações; o *Diagnóstico Físico Conservacionista* (DFC) apresentado por Beltrame (1994); na mesma linha, o *Diagnóstico e análise ambiental de microbacias hidrográficas* de Mendonça (1999); o *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas* de Rocha & Kurtz (2001), metodologia proposta pelo *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico* de Crepani *et. all.* (1996), o *Manual Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial* de Crepani *et. all.* (2001). Dentre os escritos que norteiam teorias e metodologias de análise da paisagem, cita-se os trabalhos de Bertrand (1972); Sotchava (1977); Tricart (1981); Bernaldez (1981); Bolós i Capdevila *et. all.* (1992); Benlloch (1993); Espino (1999); Rodriguez *et. all.* (2007)...

Estes autores subsidiam e nos direcionam a aplicação de uma adaptação metodológica tendo como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Formiga, no Estado do Tocantins (TO), visando uma compreensão integrada dos aspectos físicos, bióticos e antrópicos desta célula de análise.

Conforme explica Zuquette & Randolfi (2004, pág. 49) “uma metodologia compreende um conjunto de conceitos, postulados técnicos, métodos, classificações, recursos tecnológicos de investigação e processamento” utilizados durante a elaboração da pesquisa em suas diferentes etapas.

Tricart (1976, pag. 17) nos ensina que a metodologia de estudo dos ambientes naturais devem ser dirigidos para uma “ordenação integrada” que é considerada pelo autor “um conhecimento suficientemente vasto e preciso do sistema natural para que se possa agir em condições financeiramente aceitáveis sobre os recursos, para explorá-los sem degradá-los, e sobre os obstáculos para acomodar-se a eles”. Para Tricart o “essencial é não desencadear fenômenos secundários que ameacem a própria ordenação, fazendo aparecer obstáculos novos e imprevistos”.

As intervenções realizadas na paisagem que não levam em consideração suas limitações e potencialidades geram certamente instabilidade nesse sistema. Nesse sentido, Tricart (1976, pag. 20) deixa claro que “o conhecimento do quadro natural permite observar a acuidade do perigo de degradação, classificar as unidades naturais em função de sua suscetibilidade”.

Assim pode-se conceber diferentes potenciais para a área estudada, *p.ex.*, uma potencialidade à ocorrência de erosão ou à possibilidades de implantação de agricultura mecanizada. Ou seja, determinar áreas onde a exploração é ou não conveniente. Para isso, a metodologia aqui proposta está pautada nas fases *Análise – Diagnóstico – Zoneamento*, conforme explicita o organograma (**Figura 11**) e descrições a seguir.

Optou-se em aplicar a metodologia proposta pelo *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico* de Crepani *et. all.* (1996), e pelo *Manual Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial* de Crepani *et. all.* (2001).

Para a aplicação da metodologia são definidos os Planos de Informação (PIs) temáticos geo-referenciados para cada elemento da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. Assim, são criados os PIs Temáticos: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Declividade, Uso. Da integração e cruzamentos destes PIs obtiveram-se as Unidades de Paisagem Natural, somadas a Paisagem Legal e aos polígonos de intervenção antrópica constituem as Unidades Territoriais Básicas (UTBs).

Para cada PI temáticos com suas respectivas classes temáticas foram atribuídos valores, relativos e empíricos, de vulnerabilidade ambiental (perda de solo). A vulnerabilidade e a estabilidade da área são expressas pela atribuição de valores que variam de 1 a 3, podendo alcançar um total de 21 valores para cada classe temática dos elementos da paisagem. Desta forma, dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1,0, as unidades de estabilidade intermediária foram representadas por valores ao redor de 2,0 enquanto que as unidades territoriais básicas mais vulneráveis apresentam valores mais próximos de 3,0 (CREPANI *et. all.*, 1996, 2001).

Uma classificação do grau de vulnerabilidade e estabilidade para a bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO é realizada a partir do **fatiamento** dos valores resultantes da **média simples** do **cruzamento** de todos os elementos que caracterizam a área em questão, levando em conta os processos de morfogênese e pedogênese. Com este procedimento metodológico é possível especializar a vulnerabilidade e a estabilidade a partir das informações básicas do meio físico e de uso da terra aqui levantados.

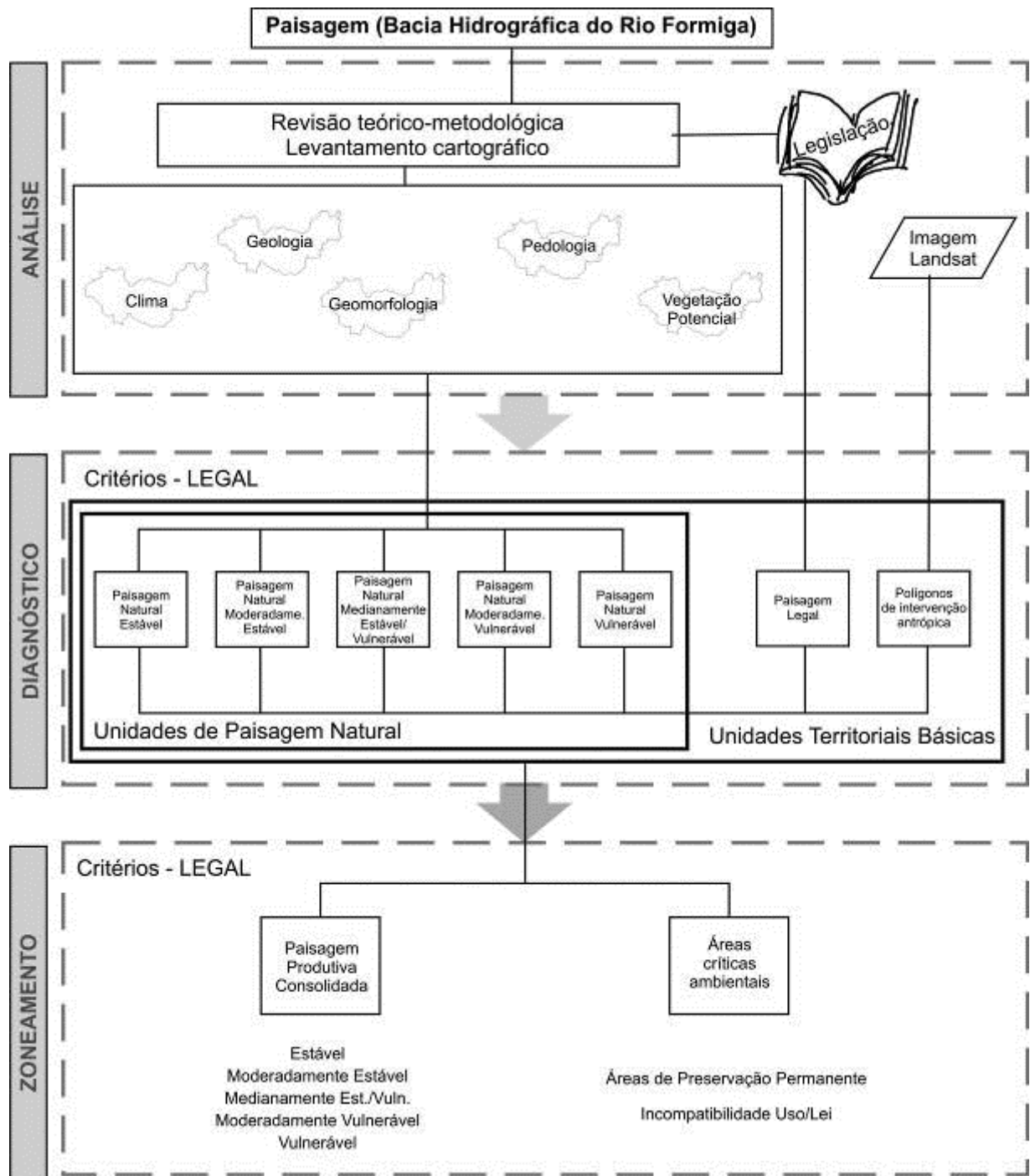


Figura 11 – Organograma teórico-metodológico.

Para a representação cartográfica da espacialização da estabilidade, ou vulnerabilidade, seguindo a metodologia de Crepani *et. all.* (1996, 2001), seleciona-se 21 cores (**Tabela 09**) obtidas a partir da combinação das três cores aditivas primárias (Azul, Verde e Vermelho) de modo que se associasse a cada classe de vulnerabilidade sempre a mesma cor, obedecendo ao critério de que ao valor de maior estabilidade (1,0) se associe a cor azul, ao valor de

estabilidade intermediária (2,0) se associe a cor verde e ao valor de maior vulnerabilidade (3,0) a cor vermelha.

Tabela 09 – Escala de vulnerabilidade/estabilidade aplicada às classes temáticas dos respectivos elementos que caracterizam a bacia hidrográfica

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
					VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	↑	3,0		VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,9			255	51	0	
U3		2,8			255	102	0	
U4		2,7			255	153	0	
U5	V	2,6		MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	L	2,5	E		255	255	0	
U7	N	2,4	S		204	255	0	
U8	E	2,3	T		153	255	0	
U9	R	2,2	A	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1	B		51	255	0	
U11	B	2,0	I		0	255	0	
U12	I	1,9	L		0	255	51	
U13	L	1,8	I	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7	D		0	255	153	
U15	D	1,6	A		0	255	204	
U16	A	1,5	D		0	255	255	
U17	D	1,4	E	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19		1,2			0	102	255	
U20		1,1			0	51	255	
U21		1,0			0	0	255	

FONTE: CREPANI *et. all.*, 2001, pag. 22.

Aos valores situados entre 1,1 e 1,9 na escala de vulnerabilidade associam-se cores resultantes da combinação entre o azul e o verde, crescendo a participação do segundo a medida em que se aproxima de 2,0, enquanto que aos valores situados entre 2,1 e 2,9 associam-se cores resultantes da combinação entre o verde e o vermelho, crescendo a participação do segundo a medida em que o valor da vulnerabilidade se aproxima de 3,0. Na escolha das cores obedecem-se aos critérios de comunicação visual que buscam associar às cores “quentes” e seus matizes (vermelho, amarelo e laranja) situações de emergência, e às cores “frias” e seus matizes (azul, verde) situações de tranquilidade.

3.2.1. Análise e diagnóstico

A fase analítica constitui o passo básico dos estudos da paisagem, uma vez que para a sua compreensão devemos partir das características que esta possui. A análise da paisagem se orientará de forma que possamos conhecer os elementos mais significativos, cuja influencia seja mais relevante no objeto de estudo. Assim, é realizado um levantamento de dados e informações sobre as características da estrutura geocológica, incluindo-se aqui os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, fitogeográficos e climáticos.

A contribuição de cada elemento na análise integrada da paisagem é descrita a partir de teorias e metodologias da literatura especializada, ou seja, para os valores de estabilidade e vulnerabilidade de cada elemento da paisagem, tomou-se como parâmetro de avaliação os índices propostos por Crepani *et. all.* (1996, 2001). A aplicação de cada índice levou em consideração as peculiaridades de cada elemento. A contribuição das unidades geológicas se dá em relação ao grau de coesão das rochas que formam a bacia hidrográfica do Rio Formiga. Este aspecto, o grau de coesão, é fornecido pela Mineralogia e Petrologia, bem como informações relativas à história da evolução do seu ambiente geológico, fornecidas pela Tectônica e pela Geologia Estrutural. Considera-se grau de coesão das rochas a “intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem”, onde em “rochas pouco coesas prevalecem os processos modificadores das formas de relevo, enquanto que nas rochas bastante coesas prevalecem os processos de formação de solos”.

As unidades geomorfológicas oferecem a caracterização da estabilidade das unidades da paisagem natural a partir das seguintes informações morfométricas: a amplitude interfluvial, a declividade e a amplitude altimétrica. Unidades que apresentem valores altos para estas variáveis morfométricas tem predomínio de processos morfogenéticos, enquanto que em

situações de baixos valores têm-se o predomínio de processos pedogenéticos, esclarecem Crepani *et. all.* (1996, 2001).

Os tipos de solos da bacia hidrográfica do Rio Formiga serão considerados na análise espacial integrada a partir de sua maturidade. “A maturidade dos solos, produto direto do balanço morfogênese/pedogênese, indica claramente se prevalecem os processos erosivos da morfogênese que geram solos jovens, pouco desenvolvidos, ou se, no outro extremo, as condições de estabilidade permitiram o predomínio nos processos de pedogênese gerando solos maduros, lixiviados e bem desenvolvidos (CREPANI *et. all.*, 1996, 2001).

A vegetação tem caráter importante, consideradas como elemento de proteção de cada unidade da paisagem natural aos efeitos dos processos modificadores das formas de relevo, os processos erosivos nos seus diferentes estágios. Esta proteção se dá de diversas maneiras: a) evitando o impacto direto das gotas da chuva contra o terreno que promove a desagregação das partículas; b) impede a compactação do solo que diminui a capacidade de absorção de água; c) aumenta a capacidade de infiltração do solo pela difusão do fluxo de água da chuva; d) suporta a vida silvestre que, pela presença de estruturas biológicas como raízes de plantas, perfurações de vermes e buracos de animais, aumentam a porosidade e a permeabilidade do solo. Ainda, compete à cobertura vegetal um papel importante no trabalho de retardar o ingresso das águas provenientes das precipitações pluviais nas correntes de drenagem, pelo aumento da capacidade de infiltração, pois o ingresso imediato provoca incremento do “*runoff*” (massas de água em movimento), com o consequente aumento na capacidade de erosão e transporte, pela transformação de energia potencial em energia cinética. Desta forma, a cobertura vegetal mais densa favorece os processos pedogenéticos, enquanto que vegetação de porte mais baixo favorecem os processos morfogenéticos (CREPANI *et. all.*, 1996, 2001).

Aspectos climatológicos da área são levados em conta da seguinte forma. São consideradas informações relativas à pluviosidade anual e à duração do período chuvoso, pois

permitem a quantificação empírica do grau de risco a que está submetida uma unidade de paisagem. Desta forma, situações de pluviosidade concentrada, onde a alta pluviosidade anual ocorre em curta duração de período chuvoso, podem ser consideradas como situações onde a quantidade de água disponível para o “*runoff*” é muito grande, concomitantemente será maior a capacidade de erosão e transporte, favorecendo assim os processos morfogenéticos. Inverso, podemos ter uma baixa pluviosidade anual e uma distribuição em um período maior de tempo, proporcionando desta forma, situação de menor risco para a integridade da unidade da paisagem, favorecendo os processos pedogenéticos (CREPANI *et. all.*, 1996, 2001).

A partir os dados levantados no procedimento de análise tem-se o diagnóstico (**Tabela 10**). No diagnóstico são identificadas as **Unidades de Paisagem Natural e as Unidades Territoriais Básicas**. Nas Unidades de Paisagem Natural temos cinco cenários ligados a estabilidade/vulnerabilidade da bacia. Desta forma, diagnosticam-se áreas de **Paisagem Natural Estável**, onde o resultado da integração de seus elementos apresenta valores de estabilidade/vulnerabilidade entre 1,0 e 1,4; **Paisagem Natural Moderadamente Estável** com valores entre 1,4 e 1,8; **Paisagem Medianamente Estável/Vulnerável** apresentando valores entre 1,8 e 2,3; **Paisagem Moderadamente Vulnerável** com valores entre 2,3 e 2,7; e por sua vez, áreas de **Paisagem Vulnerável** com valores entre 2,7 e 3,0.

Tabela 10 – Características analisadas na avaliação da estabilidade/vulnerabilidade.

ELEMENOS	CARACTERÍSTICA AVALIADA
Geologia	Grau de coesão das rochas
Geomorfologia	Amplitude altimétrica
	Amplitude interfluvial
	Classes de declividade
Pedologia	Maturidade dos solos
Vegetação Potencial	Densidade da Cobertura vegetal potencial
Aspectos do Clima	Intensidade pluviométrica

Fonte: Crepani *et. all.* 2001.

As *Unidades Territoriais Básicas*, além das primeiras mencionadas, incorporam áreas denominadas de *Paisagem Legal*, fruto da espacialização das áreas de preservação permanente instituídas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) e pelo CONAMA nº303/2002.

Ainda, se investiga a estrutura antrópica, analisando os distintos aspectos socioeconômicos com o propósito de descobrir a sua influência específica sobre a paisagem. A partir de uma série temporal de imagens Landsat é considerada a dinâmica do uso e ocupação da terra, fruto das dinâmicas sociais e econômicas, e dos padrões culturais e tecnológicos que se engendram na área de estudo. Consideraremos aqui nesta tese como *polígonos de intervenção antrópica*, conforme conceitua Crepani *et. all.* (1996, 2001). O conhecimento dos mecanismos que atuam nas unidades de paisagem natural permite orientar as atividades a serem desenvolvidas dentro do polígono de ação antrópica, de maneira a evitar agressões irreversíveis e obter maior produtividade, além de dirigir ações corretivas dentro daqueles polígonos onde o uso inadequado provoca consequências negativas.

3.2.2. Zoneamento

Aqui se identificaram as Unidades da Paisagem conforme a configuração atual. O zoneamento da bacia hidrográfica consistiu na última etapa analítica da tese, é realizado a partir da integração das análises obtidas no diagnóstico das Unidades de Paisagem Natural (estável ↔ vulnerável), das Unidades de Paisagem Legal bem como dos Polígonos de Intervenção Antrópica. Consiste na divisão da paisagem estudada em unidades nas quais, a

partir de seus quadros ambientais e antrópicos, serão subsídios à uma ordenação da paisagem local.

Tem-se desta forma, uma unidade denominada de ***Paisagem Produtiva Consolidada***, onde apresentam-se áreas cujo uso produtivo é consolidado e/ou está em expansão, e que poderão ou são utilizadas para o desenvolvimento humano. Estas são caracterizadas conforme a sua estabilidade/vulnerabilidade em cinco categorias: Áreas Estáveis, Moderadamente Estáveis, Mediamente Estáveis/Vulneráveis, Moderadamente Vulneráveis e Vulneráveis. Também, determinou-se a ***Paisagem crítica ambiental*** onde se utiliza das informações obtidas e mapeadas anteriormente para identificar as áreas de sensibilidade ambiental que apresentam discordância entre uso e estabilidade/vulnerabilidade, ou discordâncias e impedimentos legais. A análise foi integrada.

3.3. Materiais cartográficos, *softwares* e produtos de sensoriamento remoto.

Inicialmente selecionaram-se as seguintes cartas topográficas que abrangem a área da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. Com isso foram selecionadas as cartas Santa Rosa (Folha SC.22-Z-D-III) e Pindorama de Goiás (SC.23-Y-C-I), fornecidas pelo Ministério do Exército, Departamento de Serviço Geográfico, na escala numérica de 1:100.000, e apresentando uma equidistância de 40 metros entre as curvas de nível. Ambas cartografadas levando em conta o Datum Vertical Imbituba – Santa Catarina e Datum Horizontal Córrego Alegre – Minas Gerais. Do mosaico destas cartas topográficas foi extraído o mapa base da bacia hidrográfica em questão, contendo as principais vias e rede hidrográfica, bem como as

coordenadas do retângulo envolvente da área. Subsidiaram ainda a análise morfométrica da área em questão.

Os dados temáticos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e fitogeográficos foram obtidos da Base de Dados Geográficos do Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam), disponíveis em *Shapefile* para a Amazônia Legal em escala 1:250.000. Estes dados foram gerados pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), por meio de contrato com o Sistema de Vigilância de Amazônia (Sivam), no âmbito do Projeto de Povoamento das Bases de Dados da Amazônia. Estas informações foram disponibilizadas ao Centro Estadual de Usuários do Tocantins (CEU-TO) e aqui recortadas para os limites da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO a partir do *software* Spring-INPE (SIPAM, 2004).

Utilizamos ainda produtos de sensoriamento remoto. Foram obtidas no site do INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, www.inpe.br/CDSR, imagens multiespectrais do satélite Landsat 1, sensor MSS (Sistema Imageador Multiespectral - *Multispectral Scanner Subsystem*) de 27 de junho de 1973 nas bandas 4, 5, 7; Landsat 3, sensor MSS de 19 de junho de 1978 nas bandas 4, 5, 7; Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*) de 04 de julho de 1984, 02 de julho de 1989, 17 de junho de 1995, 30 de junho de 2000, 14 de julho de 2005 e 12 de maio de 2011 nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (órbita 222 e ponto 068). Estas imagens foram utilizadas para uma caracterização multitemporal do uso/ocupação e cobertura da terra e determinação dos polígonos de intervenção antrópica. Também, a partir das imagens atuais pode-se realizar uma atualização cartográfica dos recursos hídricos e vias de acesso.

Estas imagens, conforme Goward *et. all.* (2001) citados por Araújo Filho *et. all.* (2007) constituem-se num dos produtos mais adequados para o desenvolvimento de sistemas de classificação, devido à sua resolução espacial de 30 metros, à resolução temporal de 16 dias, à cobertura sinóptica do terreno e à eficiência na identificação das principais feições da superfície terrestre, por meio de diferentes bandas nas regiões espectrais que variam do visível

ao infravermelho de ondas curtas. A combinação entre a resolução espacial de 30 metros e a resolução radiométrica de 8 bits permite uma definição e separabilidade espectral de classes com padrões mais homogêneos e que podem ser representados com confiabilidade até a escala de 1:100.000, considerada a melhor escala regional para mapas dessa natureza. A excelente precisão de mapeamento, advinda da combinação dos níveis destas duas resoluções, tem, como base, a alta correlação espacial dos alvos naturais quando visto na escala de 1:100.000 e menores.

Para uma melhor correção geométrica destas imagens de satélite, além do mosaico de cartas topográficas, obtiveram-se imagens ortorretificadas Geocover. Estas imagens são distribuídas pela NASA - *National Aeronautics and Space Administration* no site <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/> e apresentam *pixels* de 14,25 metros e uma precisão de aproximadamente 50 metros.

Para confecção dos modelos digitais de elevação da área em questão, fez-se o *download* dos dados de altimetria disponibilizados pelo projeto Topodata do Inpe em formato *GeoTiff*. Estes dados são fruto da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) que passaram por um refinamento da resolução espacial por algoritmos geoestatísticos, passando de uma resolução de 90 para 30 metros.

Quanto ao trabalho de campo, compreendeu atividades ligadas à verificação de ocorrências e limites de variáveis observados *in locu* na bacia estudada, obedecendo transectos previamente definidos em gabinete e aproveitando as vias de acesso locais. Foram identificados de alvos remotamente imageados e validados em campo através de comparação de localização coordenadas campo/imagem. Utilizou aparelho receptor GPS Garmin Venture para coleta e navegação em campo.

O *software* adotado para a criação e gerenciamento do banco de dados geográficos da tese foi o Spring/INPE na versão 5 nos seus módulos Spring, Impima e Scarta. Os produtos

cartográficos foram exportados do Scarta (5.0) para o formato *postscript*, e suas artes finais produzidas no *software* CorelDraw.

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da obtenção de material teórico e cartográfico caracteriza-se a bacia quanto seus aspectos geoecológicos, elencando desta forma suas unidades geológicas, geomorfológicas, pedológicas, fitogeográficas e aspectos climáticos. Ainda, obtenção e processamento das imagens de satélite utilizadas neste trabalho, preparando-as para a classificação e confecção dos mapas temáticos de uso/ocupação e cobertura da terra, a determinação dos polígonos de intervenção antrópica, a determinação das Unidades de Paisagem Natural e, por fim o Zoneamento ambiental da área.

4.1. Caracterização geoecológica

4.1.1. Unidades geológicas

Descrevem-se aqui as características das unidades geológicas conforme caracterizado pelo SIPAM/IBGE e pela DZE/SEPLAN-TO (2004), tomando como fonte textual os dados do RADAMBRASIL (SC-22 Tocantins, 1981) referente à área da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga e representada pela **Figura 12**.

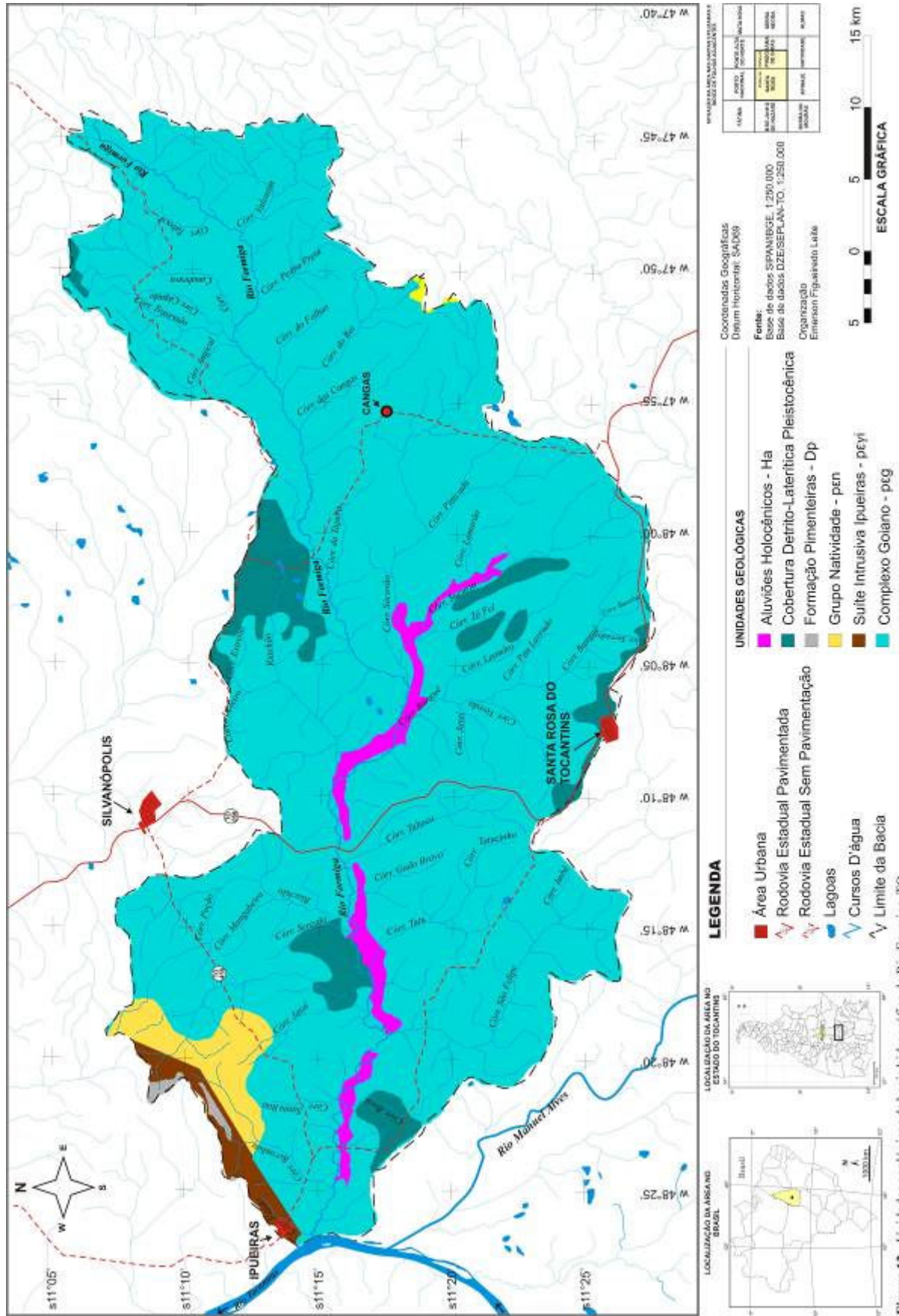
O mapa de geologia da área foi confeccionado a partir de um arquivo em *Shape* e importado para o banco de dados geográficos da bacia hidrográfica do Rio Formiga e

convertidos para um PI Temático em linha/polígonos e matriz. Com isso pode-se calcular a área ocupada por cada classe na bacia estudada.

Esta bacia é constituída pelas seguintes unidades geológicas: Formação Pimenteiras, Suíte Intrusiva Ipueiras, Grupo Natividade, Complexo Goiano, Aluviões Holocênicos e Coberturas Detrito-Laterítica Pleistocênica. Conforme detalha o Projeto RadamBrasil (1981, pag. 129), as rochas da **Formação Pimenteiras** cobrem rochas do Complexo Goiano, em formas de platôs horizontais plano-ondulados, totalmente dissecados, formando extensos chapadões pouco espessos com drenagem dentrítica. Esta formação ocorre com maior expressividade a leste do rio Tocantins e ocupa cerca de 4,36 km² da bacia hidrográfica do Rio Formiga, correspondendo a 0,24% da área.

Nesta formação as superfícies aplainadas e os morros testemunhos são mais facilmente individualizados. A altura da localidade de Ipueiras, camadas horizontais da Formação Pimenteiras jazem discordantemente sobre as rochas da Suíte Intrusiva Ipueiras (RADAMBRASIL, 1981). A Formação Pimenteiras é constituída de arenitos de cor cinza, grã fina a média, com intercalações de pelitos cinza-esverdeados, com acamadamento regular ondulado (SIPAM/IBGE, 2004).

Também, segundo Góes & Feijó (1994) a Formação Pimenteiras é composta por espessas camadas de folhelho cinza-escuro a preto, retratando um ambiente nerítico de plataforma dominada por tempestades, que depositaram delgadas camadas de arenito muito fino, de idade givetiana-frasniana.



As rochas da **Suíte Intrusiva Ipueiras**, conforme detalha SIPAM/IBGE (2004), compreende vários corpos graníticos intrusivos dispostos nas laterais do rio Tocantins, em uma faixa alongada segundo NE-SW, desde as imediações de Palmas, a norte, até Ipueiras, a sul, a qual está edificada em um dos batólitos. Compreende intrusões de sienogranitos e monzogranitos com variações granodioríticas, tonalíticas e quartzo dioríticas com veios e diques de granófiros e aplitos. A Suíte Ipueiras está representada por diversos plutons graníticos. Ocupam uma área de 22,91 km² na bacia hidrográfica do Rio Formiga, correspondendo a 1,27% de sua área total e coincide com as formações geomorfológicas denominadas de serra João Damião (**Figura 13**).

Já o **Grupo Natividade** constitui uma área de 43,85 km² da bacia hidrográfica do Rio Formiga (2,4% do total da bacia), e são constituídos por metaconglomerados, quartzitos, filitos e metavulcânicas afetados por dobramento simples e está embutido por falhas no meio de unidades mais antigas, assim como a Formação Monte do Carmo (conglomerados, arcóseos, arenitos arcoseanos e siltitos). Essas características são semelhantes às do Grupo Araí, sugerindo que esses grupos sejam correlatos, explica Blum (1999). Representa ainda, conforme SIPAM/IBGE (2004), uma sequência sedimentar marinha rasa, metamorfoisada na fácies xisto-verde baixa, sendo constituída, da base para o topo, por ortoquartzitos, quartzitos micáceos, intercalações de tremolita-actinolita xistos e filitos.



Figura 13 – Afloramentos rochosos da Formação Suíte Intrusiva Ipueiras (Foto Aniel, Abril/2011).

Com uma área de 1.588,85 km², sendo a maior formação da bacia hidrográfica do Rio Formiga, correspondendo a 88.17% de sua área, as rochas do **Complexo Goiano** é composta predominantemente por gnaisses. Apresentam ainda tonalitos, granodioritos, gnaisses tonalíticos, e anfibolitos bandados. Gnaisses miloníticos e ultramilonitos. Micaxistos com níveis grafitosos, xistos feldspáticos, anfibólio xistos e granada quartzitos (GORAYEB, *et. all.*, 1988).

A unidade **Cobertura Detrito-Laterítica Pleistocênica**, ocupam 5,55% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga, o que significa 99,99 km² de área. Constitui-se de sedimentos argilo-arenosos amarelados, caoliníticos, alóctones e autóctones, parcial a totalmente pedogeneizados (latossolos argilo-arenosos), gerados por processos alúvio-coluviais (SIPAM/IBGE, 2004).

As **aluviões holocênicas** ocorrem em todas as bacias hidrográficas brasileiras, ao longo dos rios e das planícies fluviais. Compreendem depósitos grosseiros a conglomeráticos,

representando residuais de canal, arenosos relativos a barra em pontal, pelíticos representando àqueles de transbordamento e fluviolacustres, eólicos quando retrabalhados pelo vento (SIPAM/IBGE, 2004) e na bacia hidrográfica do Rio Formiga constituem uma área de 41,97 km². São 2,3% da área total acompanhando o curso d'água do Rio Formiga na porção central da bacia.

Às litologias encontradas na área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga, supracitadas são listadas e apresentadas na **Tabela 11**. Para estas, conforme Crepani *et. all.* (1996) e Crepani *et. all.* (2001), atribuem-se classes de vulnerabilidade ao tema geologia levando em conta informações bibliográficas que relacionam aspectos da história da evolução do ambiente geológico que permite entender sua origem e sua tendência futura, e os elementos relativos ao grau de coesão de tais litologias.

Tabela 11 – Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns na bacia

UNIDADE GEOLÓGICA	VALOR DE VULNERABILIDADE
Grupo Natividade	1,0
Complexo Goiano	1,3
Formação Pimenteiras	2,8
Suíte Intrusiva Ipueiras	1,2
Coberturas Detrito-Laterítica Pleistocênica	3,0
Aluviões Holocênicos	3,0

Fonte: Crepani *et. all.* (1996, 2001).

Ao interpretar a **Tabela 11**, valores próximos a estabilidade (1,0) são associados a rochas que apresentam maior grau de coesão, valores intermediário (ao redor de 2,0) para as rochas que apresentam valores intermediários no seu grau de coesão, e valores próximos à vulnerabilidade (3,0) para as rochas que apresentam os menores valores no seu grau de

coesão. Com base nos autores atribui-se uma posição dentro de uma escala de vulnerabilidade à denudação (intemperismo + erosão), absolutamente *relativa e empírica*.

4.1.2. Unidades geomorfológicas

São quatro as unidades geomorfológicas da bacia (**Figura 14**). Dentre estas, destaque para áreas denominadas de **Depressão do Tocantins** por ocuparem 89,74% da área total da bacia hidrográfica, áreas que correspondem a 1617,11 km². Caracterizam em um corredor deprimido do vale do rio Tocantins que ocupa quase toda a parte leste da Folha SC.22 Tocantins.

Constitui um conjunto homogêneo com altimetria de 200 a 300 m. A unidade apresenta relevo de dissecação suave, predominando extensivamente as formas tabulares (t), com grande diversidade de expressão areolar. Em menor escala, ocorrem trechos de relevos aplanados ainda conservados (Ep). Estas seções aplanadas bordejam áreas serranas, Serra do Lajeado, ou mesmo trechos marginais ao rio Tocantins (RADAMBRASIL, 1981, pag. 218).

Também se apresentam na bacia áreas denominadas **Planícies Fluviais**, estreitos terraços fluviais por vezes associados a planícies recentes. Relevos elaborados em aluviões e depósitos elúvio-coluviais quaternários. Incluem planícies e terraços compostos de material silto-arenoso, com eventuais lentes de argilas e linhas de pedras, bem como campos de areia e acumulações dunares. São 3,5% do total da área da bacia hidrográfica do Rio Formiga, 63,10 km² de área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, incluindo as várzeas atuais, podendo conter lagos de meandros, furos e diques aluviais paralelos ao leito atual do rio (SIPAM, 2004).

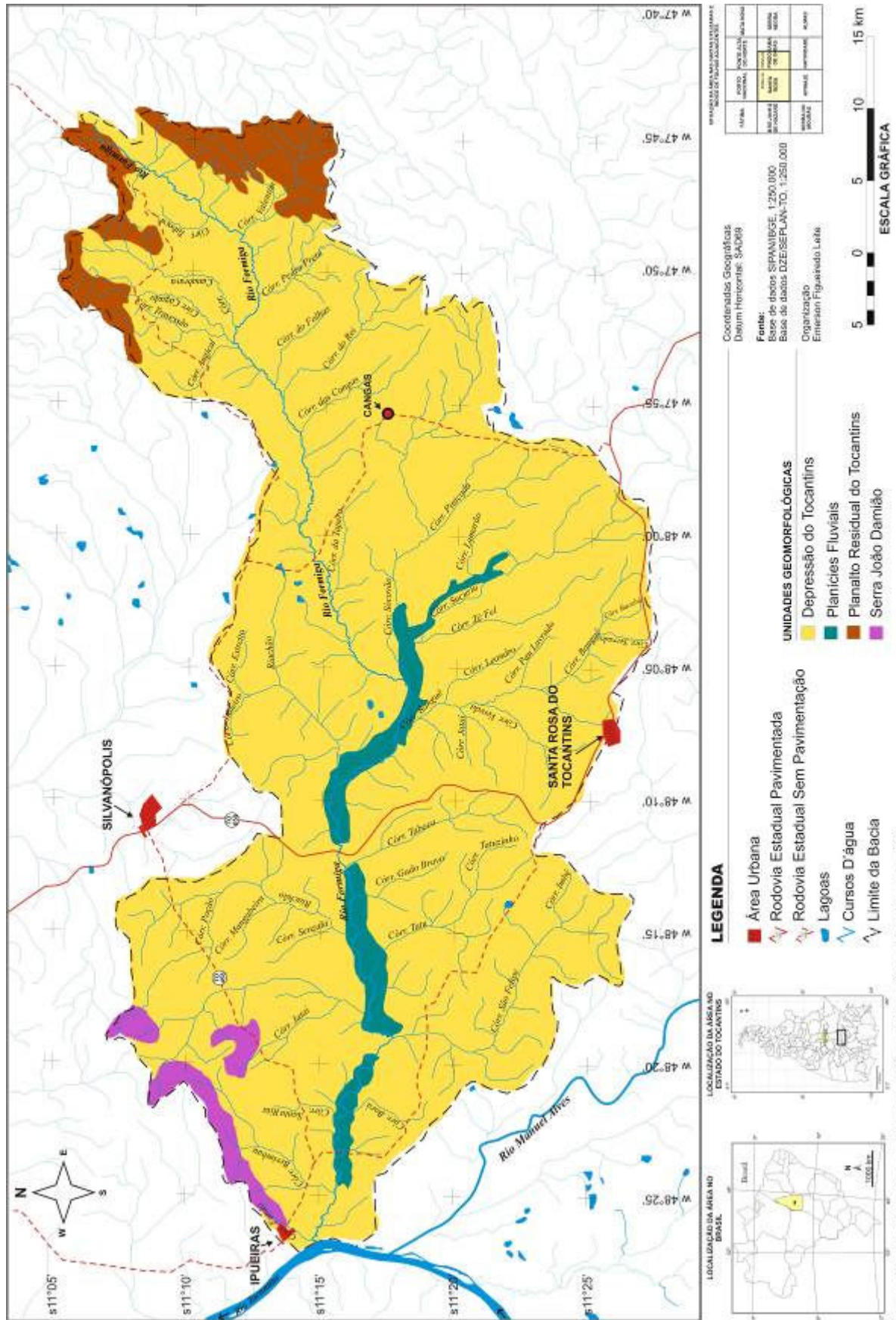


Figura 14 – Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.



Figura 15 – Em primeiro plano, pastagem sobre latossolos da Depressão do Tocantins e ao fundo a Serra João Damião (Foto do Autor, Novembro/2010).

O **Planalto Residual do Tocantins** identificado neste mapeamento está representado pelo compartimento de relevo denominado de serra do Lajeado e do Carmo, como cotas médias de 500 m, atingindo os 700 m nas bordas ocidentais do planalto. O planalto é individualizado pela presença de escarpas abruptas, sob a forma de frente de *cuesta* e pela existência de superfícies estruturais tabulares (St). São 87,20 km² (4,84% de sua área total) de área na bacia hidrográfica do Rio Formiga, esculpidas em litologias constituídas de folhelhos, siltitos e arenitos que fazem parte da borda sudoeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba e que são datadas como devonianas (Formação Pimenteiras). A unidade em pauta apresenta Solos concrecionários e cobertura vegetal generalizada de Cerrado (RADAMBRASIL, 1981, pag. 213).



Figura 16 – Planalto Residual do Tocantins (Foto do autor, maio/2011).

Em menor expressão areal, com apenas 1,92% da área da bacia, situada no baixo curso, na porção noroeste desta, e ocupando uma área de 34,52 km² está a **Serra João Damião**. Localizada na margem direita do Rio Tocantins e próximo a foz do Rio Formiga, configura um relevo tabular (t) apresentando ainda formas aguçadas (a23), podendo chegar aos 650m de altitude (RADAMBRASIL, 1981, pag. 214).

Os valores de estabilidade das unidades geomorfológicas são considerados a partir das formas de relevo, basicamente as formas dos topos – interflúvios e dos índices morfométricos referentes a dissecação do relevo pela drenagem (Matriz dos Índices de Dissecação desenvolvida por Ross, 1992) descritos em Ross (1994) e adaptados por Crepani *et. all.* (1996) e Crepani *et. all.* (2001).

Estes índices levam em consideração a amplitude interfluvial para a dissecação no plano horizontal e os graus de entalhamento dos canais de drenagem (amplitude altimétrica) para a dissecação vertical (ROSS, 1994; CREPANI *et. all.*, 1996, CREPANI *et. all.* 2001).

Para uma melhor interpretação das feições da área, acrescenta-se aos mapas propostos, um outro mapa de hipsometria da área. A **Figura 17** apresentou o mapa hipsométrico da bacia com as respectivas classes altimétricas. Este mapa é confeccionado a partir de um operador de fatiamento no *software* Spring, transformando dados numéricos do PI MNT (Altimetria Topodata) em um PI Temático com classificação altimétrica desejada, aqui com intervalos de 50 metros.

A **dissecação horizontal** pela drenagem foi obtida a partir da obtenção da medida de distância entre o fundo do vale e os interflúvios. Para obter essa medida, primeiramente criamos dois PIs Temáticos necessários. Um PI contendo a rede hidrográfica, e outro PI contendo os interflúvios que delimitam as sub-bacias no interior da bacia hidrográfica do Rio Formiga.

A **Figura 18** ilustra o procedimento aqui descrito e a **Figura 19** o mapa de amplitude interfluvial resultante do processo. Os valores de vulnerabilidade são apresentados na **Tabela 12**.

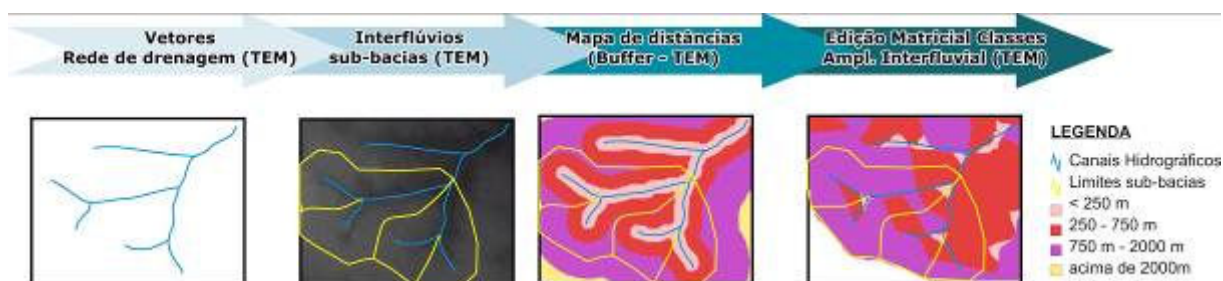


Figura 18 – Obtenção semiautomática de dos valores de amplitude interfluvial.

O plano de informação *rede hidrográfica* foi gerado no Spring a partir da digitalização direta (edição vetorial) dos canais de drenagem sobre as cartas topográficas de Pindorama de Goiás (Folha SC-23-Y-C-I) e Santa Rosa (Folha SC-22-Z-D-III), na escala de 1:100.000 e equidistância entre curvas de nível de 40 metros, cobrindo toda a área da bacia hidrográfica do Rio Formiga e atualizados a partir de análise visual de uma cena do satélite Landsat5 TM, órbita 222/ ponto 068, de 12 de maio de 2001. Quanto ao PI Temático *interflúvios*, vetorizou-se sobre uma imagem gerada a partir de dados altimétricos Topodata os interflúvios das sub-bacias interiores, partindo das maiores para as menores. No PI *rede hidrográfica* realiza-se uma operação com o *software* Spring denominada de *Mapa de Distância*, ou ainda *Buffers*.

Câmara *et. all.* (1996) explica que “um mapa de distância é um tipo de análise de proximidade (medida de distância entre objetos, comumente medida em unidade de comprimento) que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno de um ou mais elementos do mapa”.

Tabela 12 – Amplitude interfluvial, amplitude altimétrica, declividade e valores de vulnerabilidade/estabilidade

Amplitude Interfluvial	Amplitude Altimétrica	Declividade	Valores de Vulnerabilidade
Muito Grande (> 5000 m)	Muito Baixa (< 20 m)	< 2 %	1,0
Grande (2000 a 5000 m)	Baixa (20 a 40 m)	2 a 6 %	1,5
Média (750 a 2000 m)	Média (40 a 100 m)	6 a 20 %	2,0
Pequena (250 a 750 m)	Alta (100 a 200 m)	20 a 50 %	2,5
Muito Pequena (< 250 m)	Muito alta (>200 m)	> 50 %	3,0

Crepanni *et. all.* (1996).

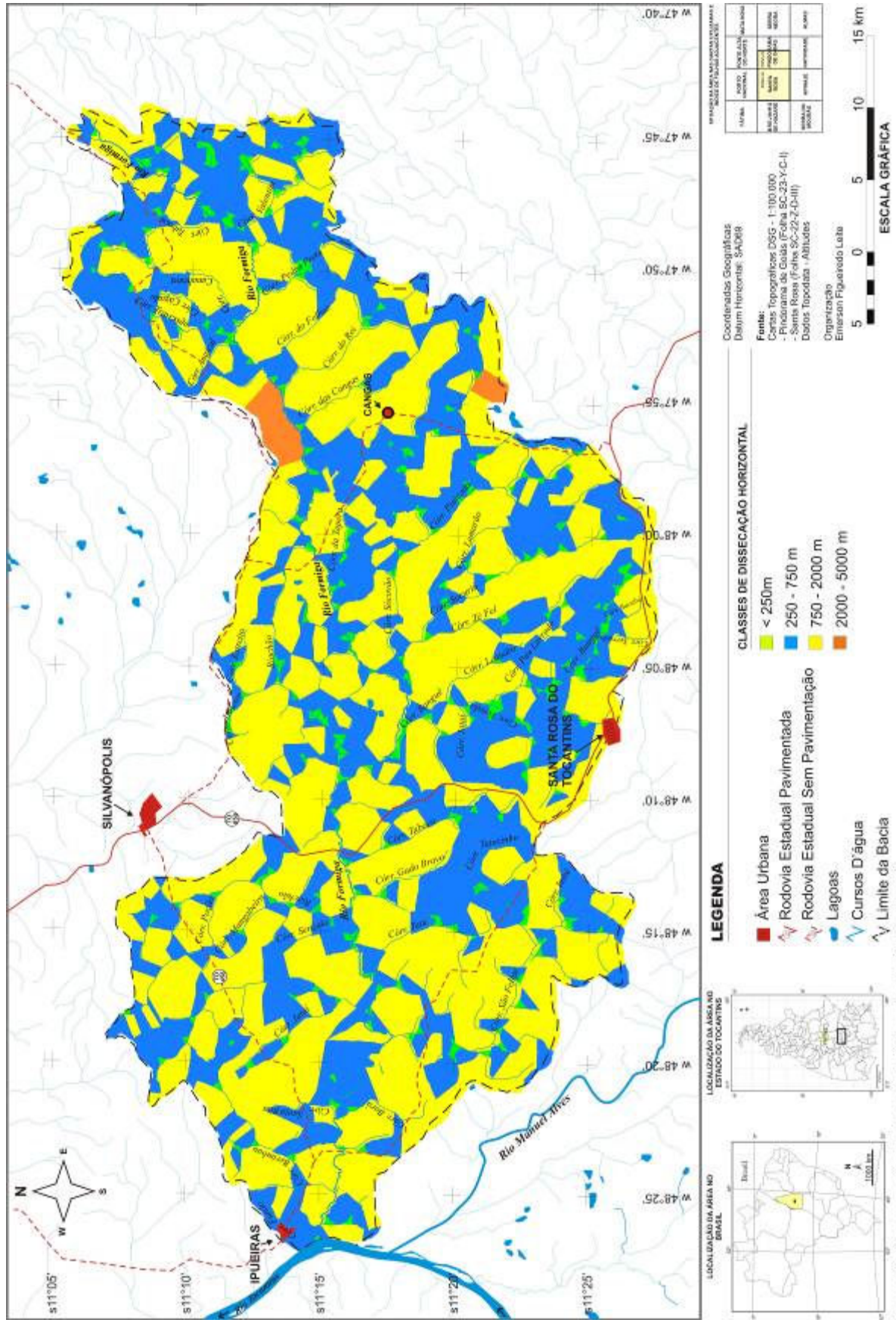


Figura 19 – Dissecação Horizontal da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.

Desta forma, partindo de cada vetor hidrográfico foram criadas zonas de distâncias com os seguintes intervalos: < 250m; 250 e 750m; 750 a 2000m; 2000 a 5000 e, por fim, acima de 5000m. Com o mapa de distância criado, parte-se para uma *Edição Matricial* do PI criado, estabelecendo a partir de uma interpretação visual as classes de amplitude interfluvial.

Crepanni *et. all.* (1996) explica que quanto maiores forem os interflúvios menores são os valores na escala de vulnerabilidade, ou seja, valores mais próximos à estabilidade (valores próximos a 1,0). Já os menores interflúvios recebem valores mais próximos de 3,0 (próximos da vulnerabilidade).

A **amplitude altimétrica**, que está relacionada com o aprofundamento da **dissecação vertical**, e é obtida pela calculo da diferença entre cotas máxima e mínima, realizado através dos dados de altimetria fornecidos pelo Topodata. Os valores de amplitude altimétrica foram amostrais, compondo no final uma média e *fatiado* segundo as classes: < que 20 metros, de 20 a 40 m, de 40 a 100 m, 100 a 200 m e < que 200 metros. O processo de confecção do mapa de dissecação vertical é representado a partir da sequencia ilustrada pela **Figura 20** e o resultado obtido apresentado pela **Figura 21**, bem como os valores de vulnerabilidade para as classes aqui determinadas e já apresentadas pela **Tabela 12**.

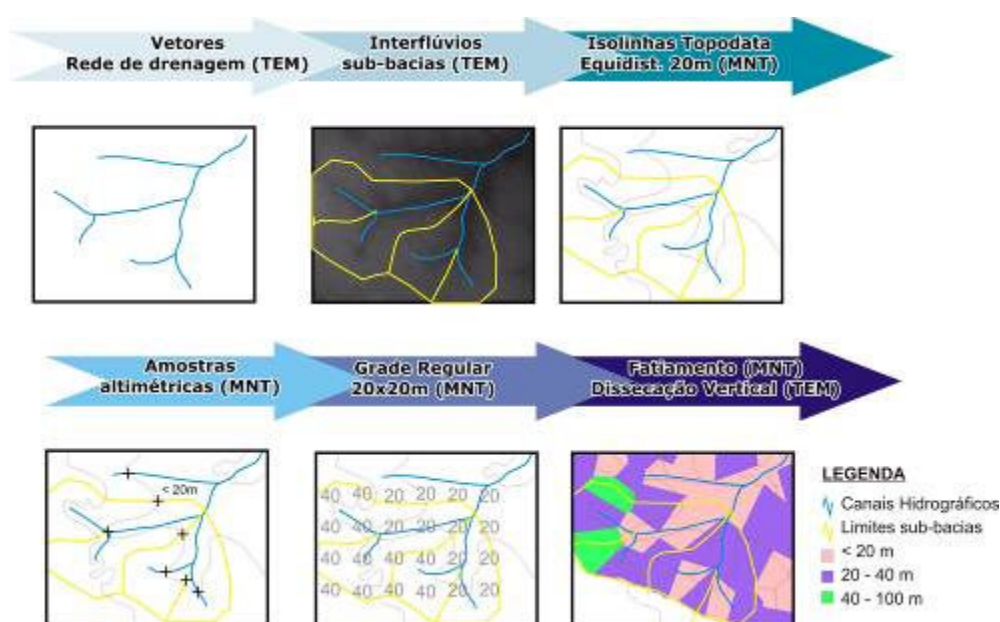


Figura 20 - Obtenção semiautomática de dos valores de amplitude altimétrica.

Para sua mensuração dispôs-se dos PI *rede hidrográfica*, PI *Interflúvios* das sub-bacias interiores e PI *Isolinhas* (equidistância de 20 metros). Numa sub-bacia, a primeira intersecção de um canal hidrográfico e curva de nível indica o intervalo de amplitude altimétrica menor que 20 m e o início do intervalo 20 a 40 metros e assim sucessivamente soma-se mais 20 metros.

Uma linha perpendicular ao divisor de água pode ser traçada para melhor delimitar a área abrangida pela classe de amplitude altimétrica em questão. Aqui, optou-se em criar um modelo numérico do terreno (MNT) que, ao invés de traçarmos as linhas perpendiculares, plotamos três pontos onde se devia traçar a linha com o respectivo valor da amplitude altimétrica (amostras MNT).

Destas amostras, gera-se uma grade numérica regular utilizando um interpolador vizinho mais próximo. Com a aplicação deste interpolador, para cada ponto (x,y) da grade o sistema atribui a cota da amostra mais próxima ao ponto, preservando os valores de cotas das amostras na grade, não gerando valores intermediários (Câmara *et. all.*, 1996).

Esta grade regular é fatiada (gerar um mapa temático de uma grade regular) para a determinação zonal das classes de dissecação vertical (amplitude altimétrica) para a área da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO.

Quanto aos valores de vulnerabilidade adotados, Crepanni *et. all.* (1996) coloca que aos maiores valores de amplitude altimétrica estão associados os valores mais próximos de 3,0, portanto, as situações de maior vulnerabilidade. Aos menores valores de amplitude altimétrica estão associados os menores valores da escala de vulnerabilidade (próximos de 1,0), que traduzem situações de maior estabilidade das unidades de paisagem natural, onde prevalecem os processos pedogenéticos.

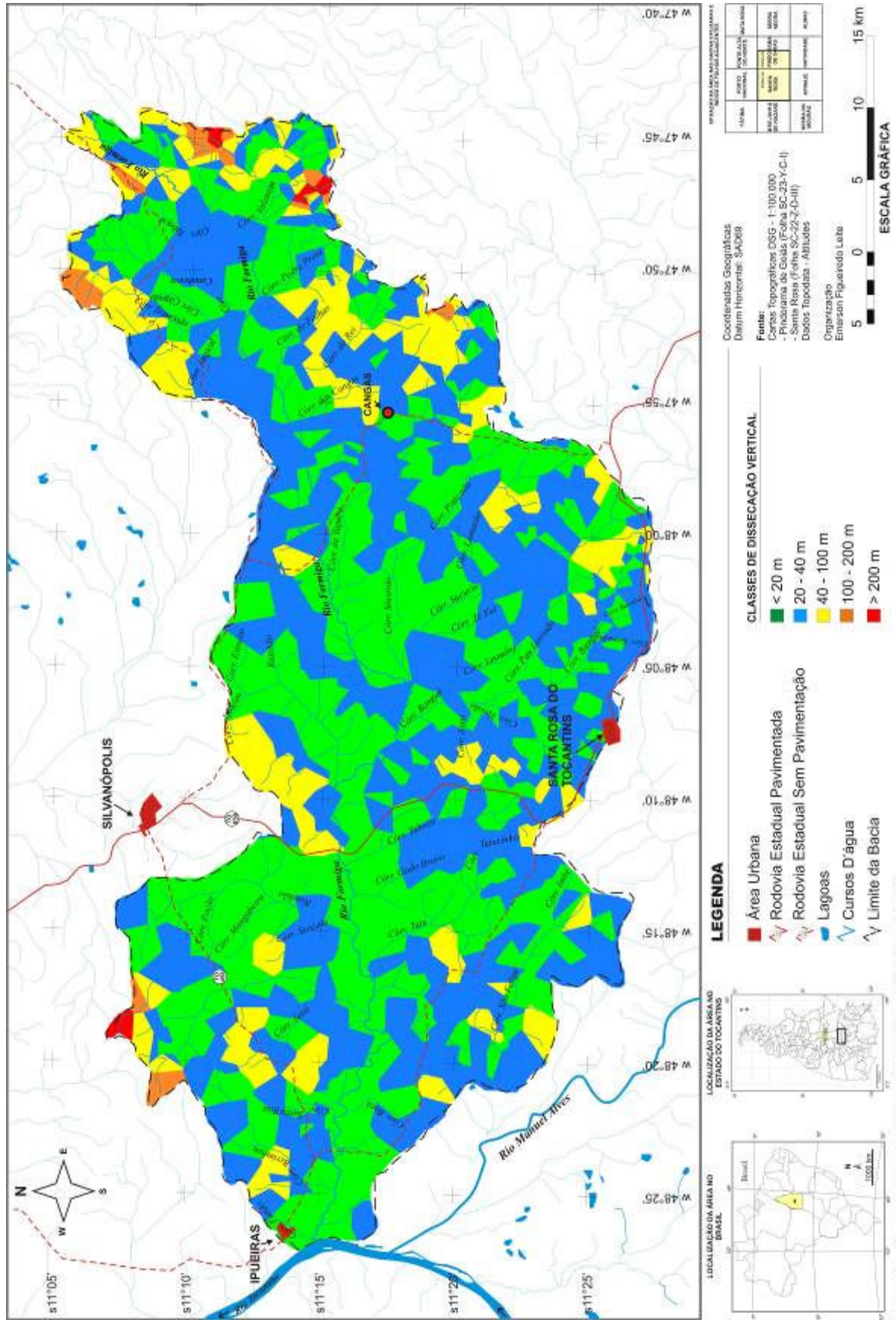


Figura 21 – Dissecação vertical da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.

A **declividade** foi calculada a partir de dados de altitude disponibilizados pelo projeto Topodata com auxílio do *software* Spring/INPE. A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal e é calculada e apresentada pelo Spring como gradiente de inclinação. Este gradiente é a taxa máxima de variação no valor da elevação e é medido em grau (0 a 90°) ou em porcentagem (%) (CÂMARA *et. all.*, 1996).

No Spring os dados de altitude são importados como grade regular em um PI MNT (20x20m). Da grade regular geram-se as isolinhas equidistantes 10 metros. As isolinhas são exportadas em formato ASCII-SPRING. Este arquivo é editado com o *software* Bloco de Notas do Windows® alterando a primeira linha do arquivo original. Troca-se a palavra CONTOURLINES por SAMPLE (Figura 22).

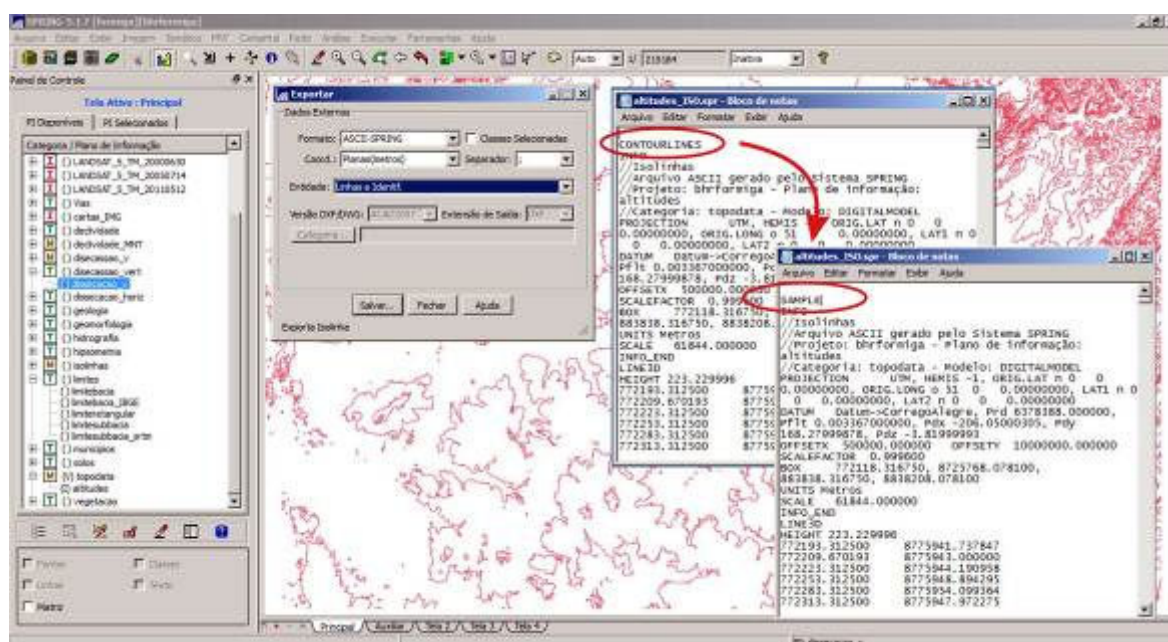


Figura 22 – Exportando, editando e importando arquivo altimétrico ASCII-SPRING

Após salvo, o arquivo foi novamente importado no Spring como amostra de MNT. Com isso possibilitou a geração de uma grade triangular, mais adequada para a geração da declividade. Da grade triangular gerou-se uma grade numérica de declividade em um PI MNT. Este PI foi fatiado em intervalos de declividade gerando um mapa do modelo temático.

A rotina de procedimentos é ilustrada pela **Figura 23** e o mapa temático, produto destes procedimentos aqui supracitados é apresentado na **Figura 24**.

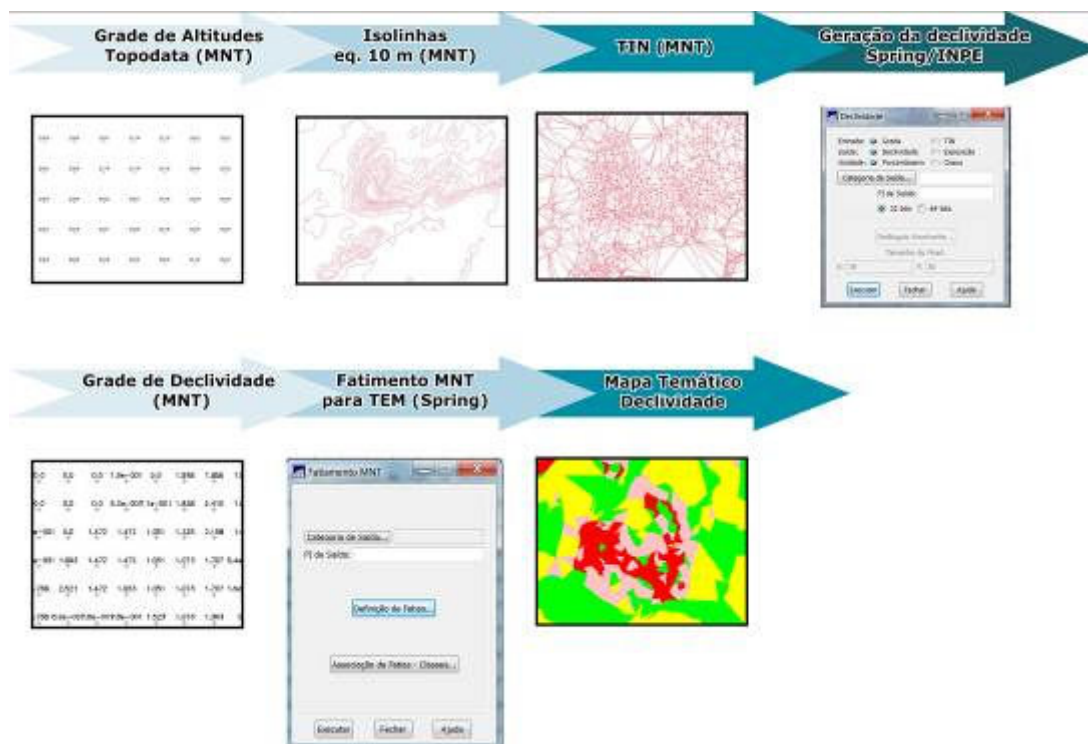


Figura 23 – Sequencia de procedimentos para obtenção das classes de declividade.

As classes de declividade aqui adotadas estão expressas na **Tabela 12** com os respectivos valores e amplitude interfluvial, amplitude altimétrica e os valores de vulnerabilidade propostos por Crepanni *et. all.* (1996). O autor *op. cit.* explica que os valores próximos de 1,0 da escala de vulnerabilidade estão associados a pequenos ângulos de inclinação das encostas, o que favorecem os processos formadores de solo da pedogênese, enquanto que valores mais próximos de 3,0 estão associados a situações de maior declividade, onde prevalecem os processos erosivos da morfogênese.

Um dos produtos confeccionados, o mapa Hipsométrico (**Figura 17**), apresenta os perfis topográficos. A partir deste verifica-se que aproximadamente 90% da área da bacia, 1613,96 km² de extensão têm altitudes entre 200 e 350 m, uma amplitude topográfica de 150

m, correspondendo a um relevo suave ondulado da Depressão do Tocantins. As maiores altitudes da bacia são encontradas a leste no Planalto Residual do Tocantins e próximo a foz do Rio Formiga no Rio Tocantins, denominada de Serra João Damião. O que corresponde a 10% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga, representando 187,97 km² de áreas. Nestas as altitudes chegam a alcançar 650 m na Serra João Damião e 700 m no Planalto Residual do Tocantins.

Vê-se a partir dos resultados encontrados e apresentados no mapa de dissecação horizontal (**Figura 19**), as maiores partes da bacia hidrográfica apresentam amplitude interfluvial na classe de 750 a 2000 metros. São áreas classificadas como medianamente estável/vulnerável e apresentam relevos ondulados dissecados em colinas. Na bacia, ocupam uma área de 1086,65 km², numa proporção de aproximadamente 60% de sua área total.

Aproximadamente 35% da área da bacia são consideradas como de moderada vulnerabilidade ambiental e apresentam amplitudes interfluviais na classe de 250 e 750 metros. Correspondendo a 647,08 km² e apresentam relevos fortemente ondulados quando no encontro de dois cursos d'água a escarpados, próximas às maiores formações geomorfológicas da área. Apenas 51,66 km², ou 2,87% das terras da bacia hidrográfica do Rio Formiga encontram classificadas como vulneráveis, abrangendo áreas onde a amplitude interfluvial é menor que 250 m. Em menor extensão, áreas com 2000 a 5000 metros de dissecação vertical abrangem 16,55 km², ou ainda, 0,92% da área total da bacia consideradas moderadamente estáveis apresentando relevos planos a suavemente ondulados.

Quanto a dissecação vertical encontradas para a bacia hidrográfica, 85 % de sua área apresentam uma dissecação vertical de no máximo 40 metros, envolvendo as classes de dissecação vertical menor que 20m com 44% e entre 20 e 40 m com 41% . Ainda nota-se que 13% da área alcançam os 100 m, outros 1,2% aos 200 metros e apenas 0,3% ultrapassam esta cota.

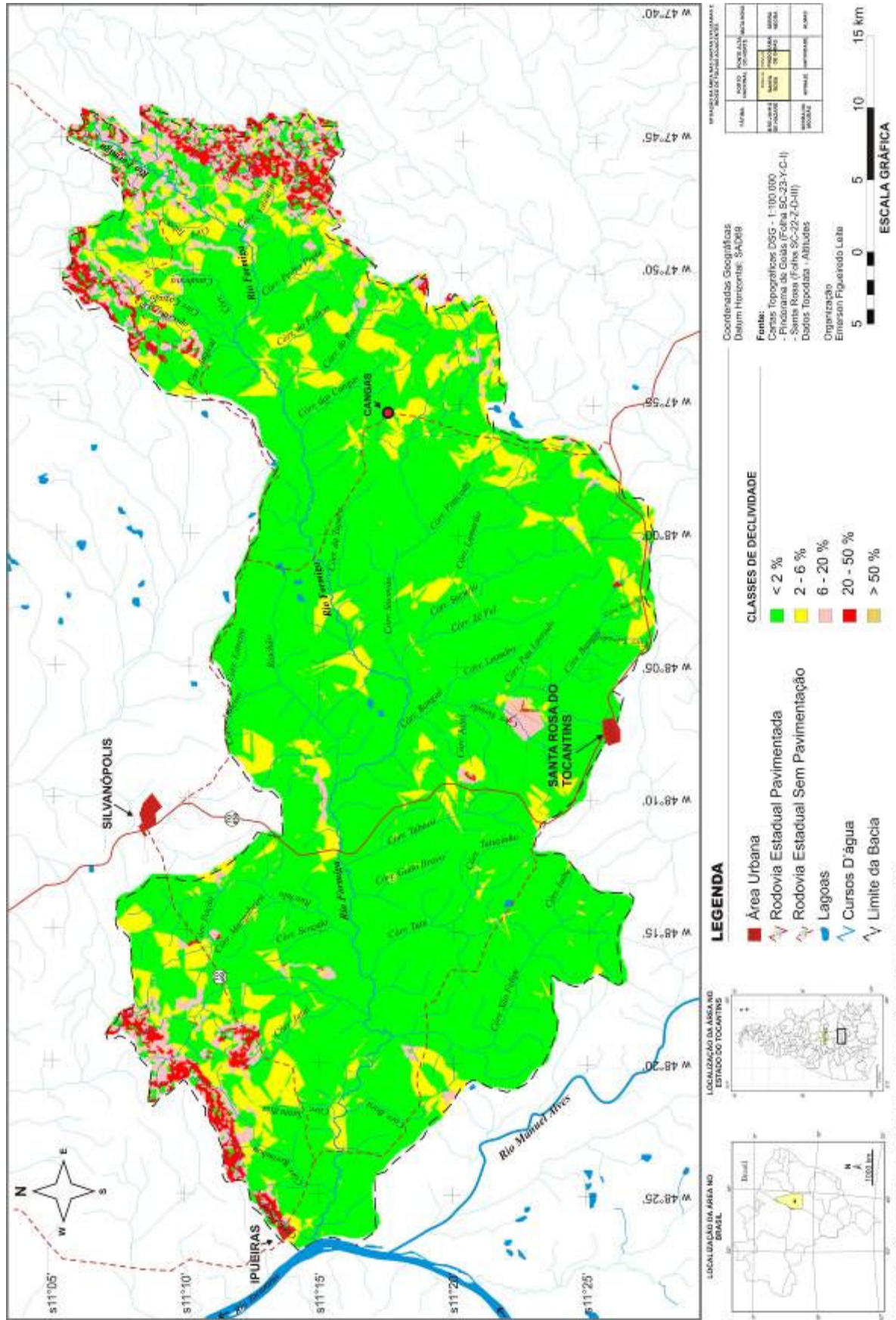


Figura 24 – Classes de declividade da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO.

O mapa de declividade (**Figura 24**) nos mostra que 78,76% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga apresentam declividades variando a no máximo 2%, correspondendo a 1.419,25 km² de relevo plano. Com intervalo de 2 a 6% de declive, na bacia são 233,43 km², ou 12,95% da área com relevo suave-ondulado. Do restante de área, temos 5,4% da área apresentando relevos de ondulado a forte ondulado na classe de 6 a 20% de declividade; 2,73%, correspondendo a 49,23 km² apresentaram declividade entre 20 e 50%; e acima desta classe apenas 2,24 km² (0,12%), apresentando relevos de fortemente ondulados a áreas de escarpas abruptas.

4.1.3. Unidades pedológicas

A caracterização de solos relativos à área da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga foram organizados na forma de arquivos vetoriais e matriciais a partir de dados disponibilizados pelo banco de dados do Sipam (2004) em escala 1:250.000 estruturados em formato ESRI *shapefile* no sistema de referência WGS84, convertidos ao serem importados para o banco de dados do Spring para o sistema de referência SAD69.

Os solos de cerrado são, conforme explica Ross (2003, pag. 181), naturalmente, pobres em nutrientes, devido a sua origem associada a depósitos sedimentares antigos, que vêm sofrendo pedogênese há milhares de anos. A heterogeneidade das formações de cerrados reflete-se também nas propriedades dos solos. De acordo com as diferentes condições geológicas, geomorfológicas e climáticas, os solos dos cerrados variam em textura, estrutura, perfil e profundidade.

As classes encontradas na bacia são de solos do tipo Plintossolo, áreas com Afloramentos de Rochas, Cambissolos, Gleissolos, Solo Litólico Pedregoso, Solo Petroplântico, Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo. A **Figura 25** apresenta a localização dos tipos de solos da área e na legenda são atualizados para a nova classificação Embrapa de 1999.

Solos da classe **Plintossolos** ocupam 10,24% da área da bacia hidrográfica do Rio Formiga (184,46 km²). São solos minerais, formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintitização com ou sem petroplintita. Apesar da coloração destes solos ser bastante variável, verifica-se o predomínio de cores pálidas com ou sem mosqueados de cores alaranjadas a vermelhas, ou coloração variegada, acima do horizonte diagnóstico (plântico, concrecionário ou litoplântico). A textura é variável, sendo que no horizonte plântico é franco-arenosa ou mais fina. Alguns solos apresentam mudança textural abrupta. Predominantemente são solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa (EMBRAPA, 1999).

Todavia, verifica-se a existência de solos com saturação por bases média a alta, como também solos com propriedades solódica e sódica. Parte dos solos desta classe (solos com horizonte plântico) tem ocorrência relacionada a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado e menos freqüentemente ondulado, em zonas geomórficas de baixada. Ocorrem também em terços inferiores de encostas ou áreas de surgentes, sob condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água (EMBRAPA, 1999).

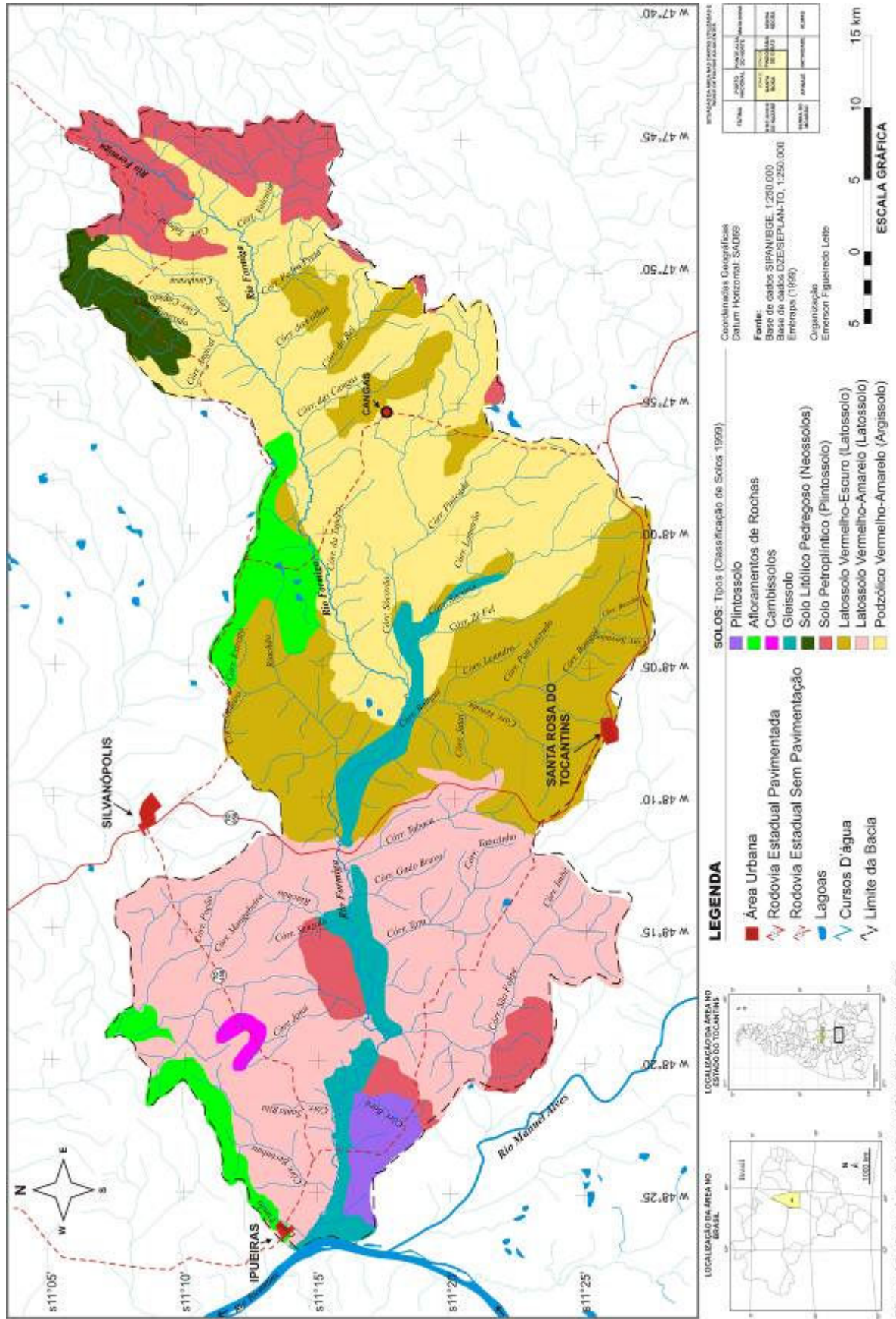


Figura 25 – Solos da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO.

São típicos de zonas quentes e úmidas, mormente com estação seca bem definida ou que, pelo menos, apresentem um período com decréscimo acentuado das chuvas. Ocorrem também na zona equatorial perúmida e mais esporadicamente em zona semi-árida (EMBRAPA, 1999).

Solos da classe **Cambissolos** são representados por 0,4% da área da bacia, correspondendo a 7,17 km² de extensão. São solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal (EMBRAPA, 1999).

O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o *solum*, geralmente, apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi. Admite-se diferença marcante do A para o Bi, em casos de solos desenvolvidos de sedimentos aluviais ou outros casos em que há descontinuidade litológica. A estrutura do horizonte Bi pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos, também, de solos com ausência de agregados, com grãos simples ou maciços (EMBRAPA, 1999).

São solos em que são atribuídos valores de 2,5 de vulnerabilidade/estabilidade em relação aos processos morfogênese/pedogênese (CREPANI *et. all.*, 2001).

Os **Gleissolos** compreendem na bacia hidrográfica do Rio Formiga uma área de 77,59 km², ou ainda 4,3% da área total. São solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro dos primeiros 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico

com menos de 40 cm de espessura; não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150 cm da superfície do solo ou até um contato lítico, tampouco horizonte vértico, ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. Horizonte plíntico, se presente, deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1999).

Os solos desta classe encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície (EMBRAPA, 1999).

São solos que ocasionalmente podem ter textura arenosa (areia ou areia franca) somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei de textura franco arenosa ou mais fina. Comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea (surgentes). São solos que ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea (EMBRAPA, 1999).

Conforme a nova classificação de solos da Embrapa, esta classe abrange os solos que foram classificados anteriormente como Glei Pouco Húmico, Glei Húmico, parte do Hidromórfico Cinzento (sem mudança textural abrupta), Glei Tiomórfico e Solonchak com horizonte glei (EMBRAPA, 1999). Por estas características recebe o valor de 3,0 na escala de vulnerabilidade/estabilidade.

Os solos denominados de **Neossolos** compreendem solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição química, ou dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 1999).

Nesta classe estão incluídos os solos que foram reconhecidos anteriormente como Litossolos e Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas (Distróficas, Marinhas e Hidromórficas), conforme caracterizado pela Embrapa (1999). São solos com características consideradas vulneráveis, aos quais é atribuído o valor 3, são jovens e pouco desenvolvidos, isto é, sua característica principal é a pequena evolução dos perfis de solo, ressalta Crepani *et. all.* (2001). Ocupam uma área de 33,76 km², o que representa 1,87% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga.

Observa-se que os solos da bacia, em sua maioria, apresentam indícios de laterização com o surgimento de uma crosta ferruginosa, na região conhecida como pedra canga, elemento que, por dificultar a penetração de raízes é retirado no preparo do solo antes da introdução das culturas (**Figura 26**).



Figura 26 – Amontoado de “pedra canga” – concreções ferruginosas (Foto do autor, maio/2011).

Encontram-se em maior extensão na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga os solos da classe **Latossolos**. Correspondendo a 49,4% da área da bacia, compreendem 890,2 km². Estes solos são constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenados, transicionais para condições com um certo grau de gleização. São normalmente muito profundos, sendo a espessura do solum raramente inferior a um metro. Têm sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de sub-horizontes, e transições usualmente difusas ou graduais (EMBRAPA, 1999).



Figura 27 – Ravina em latossolo às margens da estrada de acesso Silvanópolis-Ipueiras TO-458 (Foto do autor, maio/2011).

São típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, normalmente em relevo plano e suave ondulado, embora possam ocorrer em áreas mais acidentadas, inclusive em relevo montanhoso. São originados a partir das mais diversas espécies de rochas e sedimentos, sob condições de clima e tipos de vegetação os mais diversos. Nesta classe estão incluídos todos os Latossolos, excetuadas algumas modalidades anteriormente identificadas como Latossolos plínticos (EMBRAPA, 1999).

O valor na escala de vulnerabilidade atribuído aos solos dessa classe é 1, uma vez que estes são bem desenvolvidos, apresentando grande profundidade e porosidade sendo, portanto, considerados os solos cujos materiais são os mais decompostos. São considerados solos velhos ou maduros (CREPANI, *et. all.*, 2001).

Outra classe de solo encontrada na bacia denomina-se **Argissolos**. Aqui estão incluídos os solos que foram classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo. Esta classe compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. Grande parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo, para baixo no perfil. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual (EMBRAPA, 1999).



Figura 28 - Argissolo exposto após desmatamento e preparo através de gradagem (Foto do autor, maio/2011).

São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre

havendo aumento de argila daquele para este. Fato que dificulta a infiltração de água no perfil, favorecendo os processos erosivos. Ainda, possuem acidez forte a moderada, com saturação por bases alta, ou baixa, predominantemente cauliníticos (EMBRAPA, 1999; CREPANI *et. all.*, 2001).

Estes solos ocupam uma área de 526,97 km² de área (29,24% da bacia). Para a escala de vulnerabilidade desta classe de solo é dado o peso 2, uma vez que estes solos, quando comparados com os Latossolos, apresentam profundidade menor e são solos menos estáveis e menos intemperizados. Ocorrem geralmente em topografias um pouco mais movimentadas (CREPANI *et. all.*, 2001).

Com isso, apresentamos na **Tabela 13** a classificação dos solos da bacia hidrográfica do Rio Formiga, sua nova classificação e seus respectivos valores de vulnerabilidade/estabilidade.

Tabela 13 – Classes de solos e seus respectivos valores de vulnerabilidade/estabilidade

CLASSE DE SOLO	CLASSIFICAÇÃO EMBRAPA (1999)	VULN./ESTAB.
Latossolo Vermelho-Escuro	Latossolos	1,0
Latossolo Vermelho-Amarelo	Latossolos	1,0
Podzólico Vermelho-Amarelo	Argissolos	2,0
Cambissolos	Cambissolos	2,5
Plintossolo	Plintossolos	3,0
Afloramentos de Rochas	Afloramentos de Rochas	3,0
Gleissolos	Gleissolos	3,0
Solo Litólico Pedregoso	Neossolos Litólicos	3,0
Solo Petroplântico	Plintossolos	3,0

Adaptado de Crepani *et. all.* (1996)

4.1.4. Unidades fitogeográficas

A vegetação é considerada na análise da paisagem aqui proposta a partir da avaliação sobre a vegetação potencial da área de estudo conforme a densidade de cobertura vegetal e atribuindo os valores propostos por Crepani *et. all.* (2001).

Conforme o Manual Técnico da Vegetação Brasileira - IBGE (1992), para vegetação potencial da área da bacia, deve-se adotar o termo Savana como prioritário e Cerrado, entre parêntese, como sinônimo regionalista, por apresentar uma fitofisionomia ecológica homóloga à da África e Ásia. Esta fitofisionomia é definida como uma vegetação xeromorfa preferencialmente de clima estacional (mais ou menos 6 meses secos).

Para Ab'Sáber (2003) há um caráter monótono para este conjunto paisagístico que se dá a partir da complexa combinação de fatores físicos, ecológicos e bióticos, que na aparência, relativamente homogênea, se estende a grandes espaços, proporcionando uma repetição de paisagens – cerrados, cerradões, campestres e demais tipos.

O cerrado tem sido definido, conforme explica Ross (2003) como floresta-ecótono-campo. O conceito de ecótono, menos rígido do que as classificações fisionômicas e florísticas, refere-se ao mosaico cerrado. As formações intermediárias que ocorrem no ecótono floresta-campo são ilustradas pela **Figura 29**. Ao longo desse ecoclíneo (cerradão-campo limpo), a biomassa arbórea e arbustiva decresce paulatinamente.

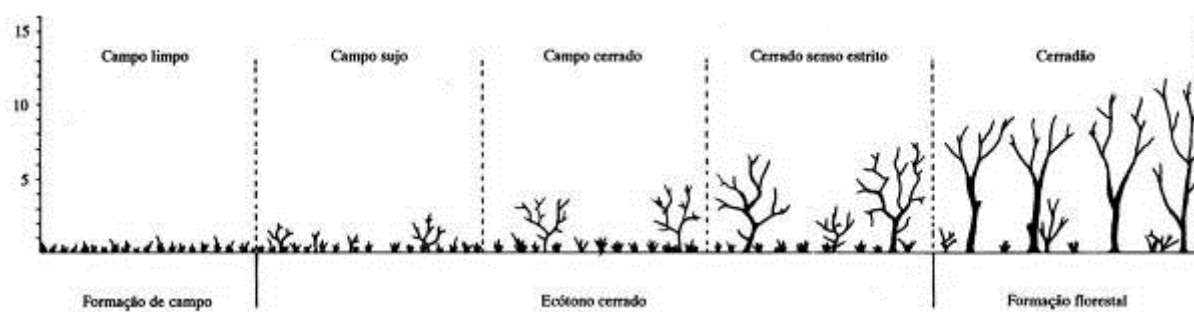


Figura 29 – Ecótono cerrado - Coutinho (Ross, 2003, pag. 179).

O IBGE (1992) apresenta uma subdivisão quatro subgrupos das Savanas e destes, conforme o SIPAM (2004) é encontrado na área os tipos descritos a seguir e ilustrados pela **Figura 31**.

Das fitofisionomias Savânicas, encontram-se na bacia hidrográfica do Rio Formiga, 4% de áreas caracterizadas por **Savana Florestada-Sd (Cerradão)**. Consiste em 72,67 km² de um subgrupo de formação com fisionomia típica e característica, restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em clima tropical eminentemente estacional. Apresenta sinúsias lenhoras de micro e nanofanerófitos tortuosos com ramificação irregular, providas de macrófilos esclerófilos perenes ou semidecíduos, ritidoma esfoliado corticoso rígido ou cortéx maciamente suberoso, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódio. Não apresenta uma sinúsia nítida de caméfitos, mas sim um relevo hemicriptofítico, de permeio com plantas lenhosas raquílicas e palmeiras anãs (IBGE, 1992).

Também compõem a área de estudo, fitofisionomias denominadas **Savana Arborizada-Sa (Campo-Cerrado)**. São formações de caráter natural e/ou antrópico que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica graminóide, contínua, sujeita ao fogo anual. Estas sinúsias dominantes formam uma fisionomia em terrenos degradados (IBGE, 1992).

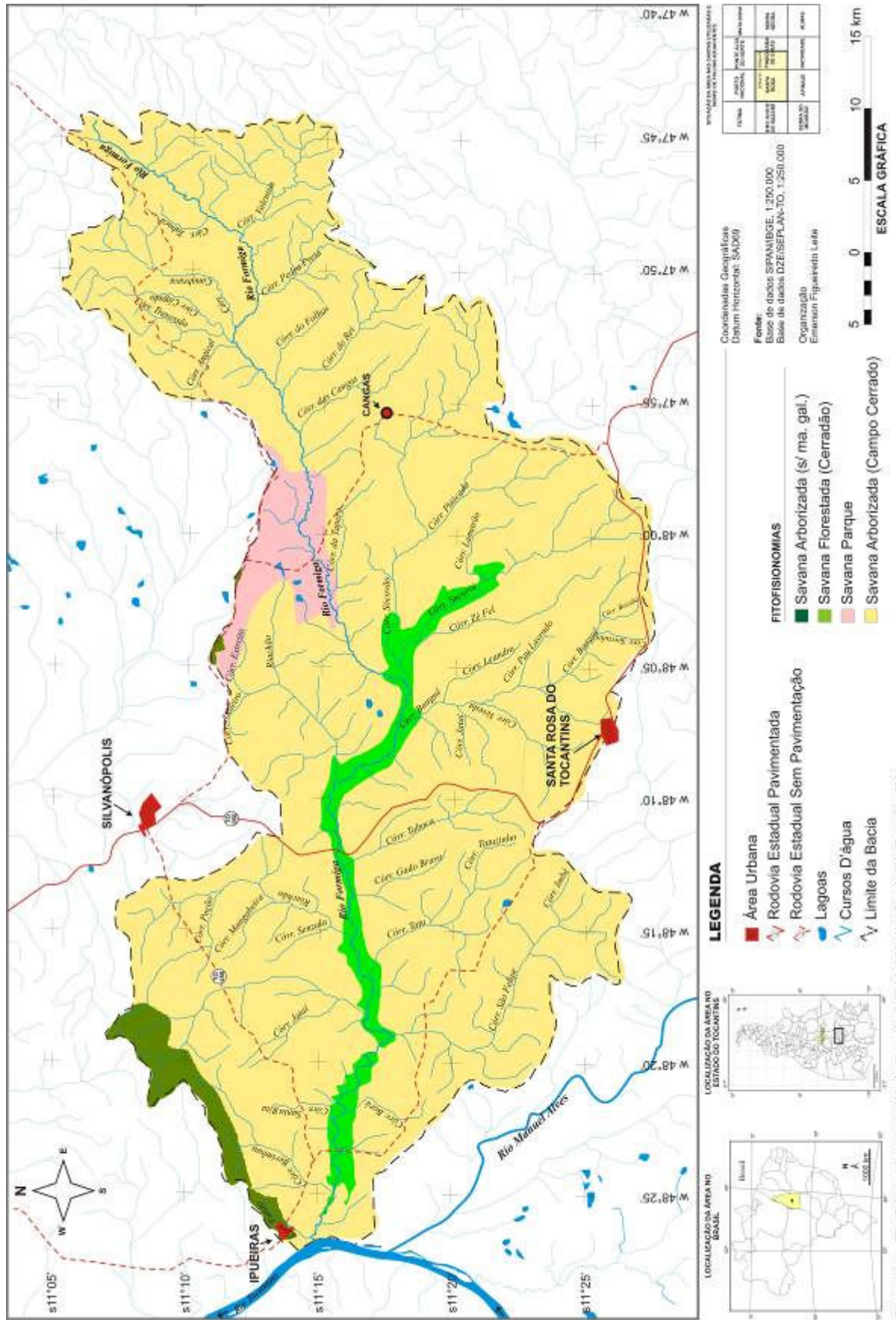
Estas áreas de **Campo-Cerrado** ocupam aproximadamente 93% da área da bacia hidrográfica do Rio Formiga e se apresentam com e sem a presença de matas de galeria. São

um total de 1672,81 km² de áreas distribuídas da seguinte forma. As primeiras formações ocorrem sobre as planícies de relevo suave a ondulado ocupando 1635,99 km² e as seguintes sobre planaltos e planícies locais com 36,82 km² de área (IBGE, 1992).



Figura 30 – Cerrado sensu stricto (Foto do autor, novembro/2010).

Por fim, destacam-se as 3% da área da bacia hidrográfica do Rio Formiga apresentando formações do tipo **Savana Parque-Sp**, são 58,18 km² de um subgrupo de formação essencialmente constituído por um estrato graninóide, integrado por hemiptófitos e geófitos de florística natural e/ou antropizada, entremeando por nanofanerófitos isolados (IBGE, 1992).



Ross (2003, pag. 178) coloca que os cerrados arbóreos têm uma fisionomia característica, marcada pelas árvores, geralmente tortuosas e espaçadas, com troncos de cortiça espessa e folhagem coriácea e pilosa. Apesar do aspecto xeromórfico que estas características conferem às árvores e aos arbustos, lembrando regiões semi-áridas, não há escassez de água nos cerrados, mesmo nas estações mais secas. Os cerrados brasileiros, em contraste com as savanas africanas, são úmidos, apesar da sazonalidade da umidade. As estações chuvosas e secas são bem marcadas, e as precipitações anuais estão acima de 1.000mm. As espécies de plantas arbóreas estão adaptadas para retirar água de grandes profundidades do solo, com raízes que atingem mais de 15 m. A água não é limitante para o desenvolvimento do estrato arbóreo. A sazonalidade climática expressa-se claramente na estrutura e no funcionamento dos cerrados, que apresentam diferentes fenofases dos grupos de espécies que neles se desenvolvem.



Figura 32 – Vereda (Foto do autor, novembro/2010).

Outra característica fitofisionômica encontrada na área são as formações de matas de galeria e áreas de vereda (**Figura 32**). Segundo Ribeiro (1998) a definição de mata de galeria exige apenas que a estrutura seja de mata (floresta) e a extensão longa e estreita (forma de galeria). Desta maneira, as matas que surgem ao longo dos cursos de água (riachos, rios e córregos) na região de cerrado são, de modo geral, denominadas de mata de galeria. Admite-se também que este tipo de vegetação possa ser denominado floresta ribeirinha, mata ciliar ou mata em galeria (pag.19). Esta formação apesar de representar pequena porção do cerrado, destaca-se pela sua riqueza, diversidade genética e pelo seu papel na proteção dos recursos hídricos, edáficos, fauna silvestre e aquática (pag. 04).

Ab'Sáber (2003, pag. 39) ao discorrer sobre os vastos espaços de cerrados no Brasil explica que é frequente que as florestas de galeria se estendam continuamente pelo setor aluvial central das planícies, deixando espaço para corredores herbáceos nos seus dois bordos, arranjo fitogeográfico reconhecido pelo nome popular de veredas. Correspondem a casos em que predominam sedimentos arenosos nos bordos das planícies de inundação.

Tabela 14 - Classes de vulnerabilidade/estabilidade para as fitofisionomias.

FITOFISIONOMIA	VULN./ESTAB.
Savana Arborizada (Campo Cerrado)	2,1
Savana Florestada (Cerradão)	1,7
Savana Parque	2,5

Adaptado de Crepani *et. all.* (1996).

Crepani *et. all.* (2001) considera que a densidade de cobertura vegetal é o parâmetro a ser obtido, da documentação existente e da interpretação das imagens de satélite para se determinar as classes de vulnerabilidade. Este é um fator de proteção da unidade contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão, por isso para as altas

densidades de cobertura os valores atribuídos na escala de vulnerabilidade se aproximam da estabilidade (1,0), para as densidades intermediárias atribuem-se valores intermediários (ao redor de 2,0), e para baixas densidades de cobertura vegetal valores próximos da vulnerabilidade (3,0).

4.1.5. Aspectos climáticos

Uma das grandes dificuldades encontradas pelo geógrafo está relacionada à disponibilidade e o acesso a dados climáticos brutos, o que tem impedido análises mais precisas e absolutas, principalmente em nível de bacias hidrográficas. O que nos leva a utilizar dados que consideram a região e/ou o Estado.

Ross (2003) classifica para a região o domínio do clima tropical, o qual apresenta variedades conforme a atuação dos diversos sistemas atmosféricos e dos fatores geográficos. São características deste tipo climático temperaturas médias anuais acima de 18°C com uma nítida alternância entre estação seca e chuvosa. As chuvas ocorrem de outubro a março e a seca de abril a setembro. A dinâmica é controlada pela ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), massa de equatorial continental (Ec), massa tropical marítima (Tm) e anticiclone migratório polar, com frequentes linhas de instabilidade tropical (IT).

Pesquisas realizadas por Barbosa (2010) tem indicado para o Estado do Tocantins, um nítido predomínio da Massa Tropical Atlântica, que por meio de linhas de instabilidade formadas no período de primavera-verão, tem gerado episódios pluviais mais severos. Ainda, explica o autor, que sob o efeito de massas tropicais, equatoriais e, eventualmente, polares, o Estado do Tocantins é marcado pela sazonalidade do regime climático, que acentua as

diferenças entre a primavera-verão e o outono-inverno, principalmente no aspecto da disponibilidade hídrica na atmosfera.

Nesse mesmo sentido, e na intenção de caracterizarem as massas atuantes nas imediações da cidade de Porto Nacional-TO, município limítrofe a bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO, Pinto *et. all.* (2010) analisam que no mesmo período de primavera-verão 2009/2010 houve um controle dos sistemas tropicais sobre a gênese pluvial local, com destaque para as massas Tropical Atlântica, Tropical Atlântica Continentalizada, podendo apresentar linhas de instabilidade. Alguns sistemas frontais advindos da Frente Polar Atlântica, mesmo de ocorrência tímida nos meses de setembro, outubro e dezembro, são geradores de uma boa parcela de precipitações. A Massa Equatorial Continental é um dos sistemas principais geradores de chuva para a área analisada, notadamente nos meses de novembro, janeiro, fevereiro e março. Dos sistemas polares, explicam os autores, a Massa Polar já Tropicalizada (PV) tem poucas atuações, gerando também pequena quantidade de chuvas.

Dados e pesquisas acerca das condições climáticas para o Estado do Tocantins são apresentadas pelas Normais Climatológicas disponibilizadas pelo INMET (2009, **Figura 33**), por Miranda & Bognola (1999, **Figura 34**). Estas pesquisas utilizaram dados das estações climatológicas do INMET e dos postos pluviométricos do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica), processados pelo Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos do Tocantins, bem como dados meteorológicos de estações municipais. No caso do INMET, os dados são referentes ao período 1961–1990 obtidos por 51 estações meteorológicas do Estado, atualizados e reorganizados, e disponibilizados em 2009.

Ao sobrepor o retângulo envolvente da área da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO a caracterização realizada por Miranda & Bognola (1999), INMET (2009), verifica-se que o clima para a bacia é do tipo C2wA'a' (*Thornthwaite*), um clima úmido/subúmido com

moderada deficiência hídrica no inverno. Apresenta uma pluviosidade média anual em torno de 1450 a 1650 mm, com dois períodos distintos de pluviosidade, um período chuvoso que se estende de outubro a abril e um período seco compreendido entre os meses de maio e setembro. Com isso, para o cálculo de intensidade pluviométrica considerará 1550 mm anuais, ao invés de 1374,5 mm; durante 7 meses chuvosos e não 7,5 como caracterizara Crepani *et. all.* (1996, 2001).

A área estudada está sujeita a uma divisão periódica abrupta quando se analisa a precipitação acumulada mensal. Chove em média 230 mm nos meses do período chuvoso para menos de 20 mm no período seco, apresentando ainda um déficit hídrico nos meses de maio a setembro. A temperatura média compensada anual para a área de bacia varia entorno de 23 a 27°C, com médias das máximas entre 30 e 36°C e média das mínimas variando no ano entre os valores de 16 e 22°C.

Durante o período seco, conforme explica Ab'Sáber (2003, pag. 38), que ocorre no meio do ano, alguns cursos d'água principais e secundários emagrecem ou desaparecem. O ritmo marcante do tropicalismo regional, com estações muito chuvosas alternadas com estações secas implica uma preservação intensiva dos padrões de perenidade dos cursos d'água regionais.

Toma-se como elemento da unidade climática da bacia a intensidade pluviométrica, que é a relação entre “quanto chove/quando chove”, ou seja, a pluviosidade média anual (mm) dividida pelo número de meses de chuva. Áreas que apresentem menores índices pluviométricos anuais e maior duração para o período chuvoso receberão valores próximos à estabilidade (1,0), aos valores intermediários associam-se os valores ao redor de 2,0, e às de maiores índices de pluviosidade anual e menor duração do período chuvoso atribuem-se valores próximos da vulnerabilidade (3,0). Crepani *et. all.* (2001)



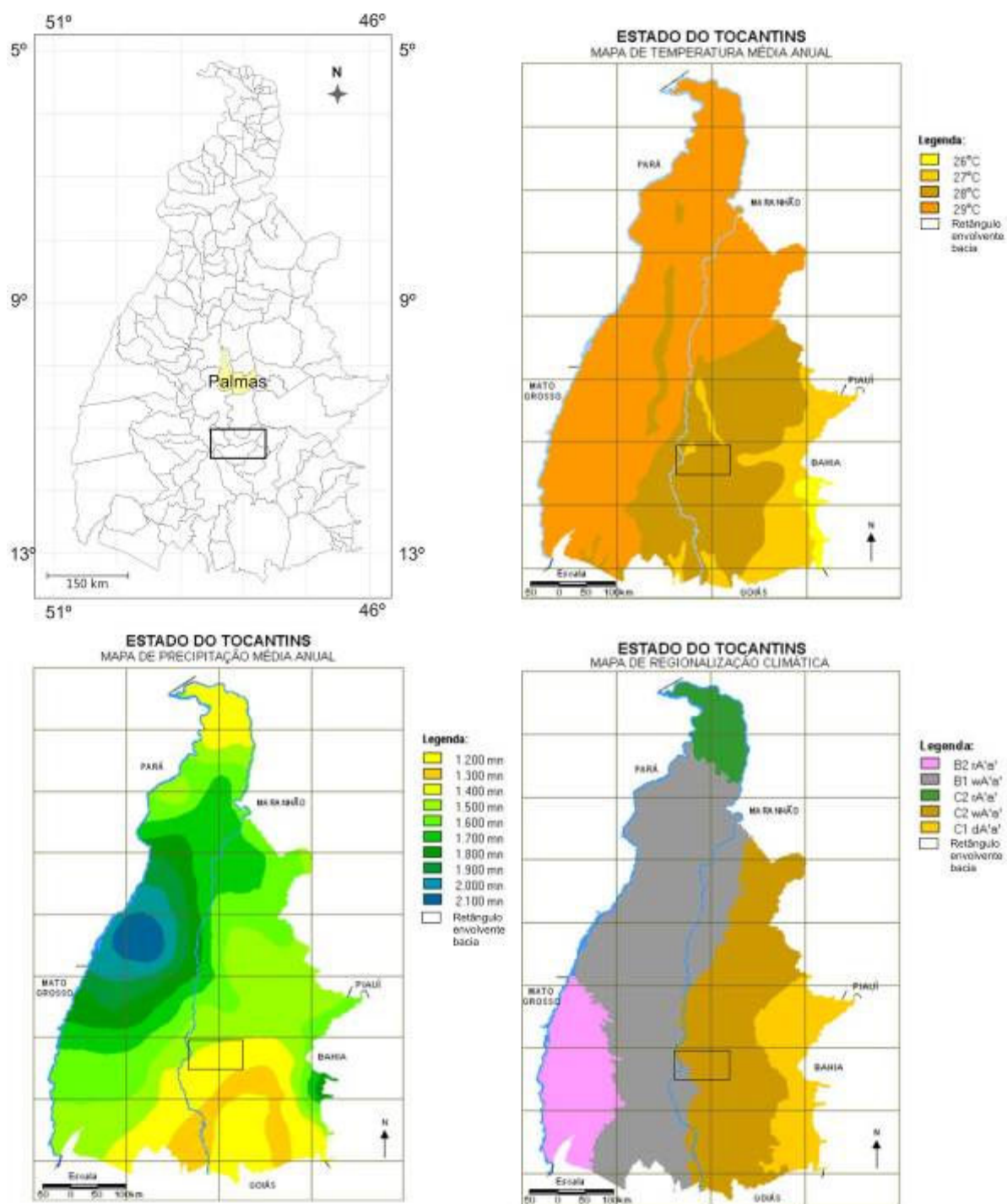


Figura 34 – Temperatura, precipitação e clima (adaptado de Miranda & Bognola, 1999).

A ação erosiva da chuva, explica Salomão (2005), depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e sua intensidade. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas constituem a forma mais agressiva de impacto da gota da água no solo, períodos onde a erosão é máxima.

Crepani *et. all.* (2001) estabeleceram a relação entre a pluviosidade média anual e a duração do período chuvoso, definindo a intensidade pluviométrica para o Brasil. Ao verificar-se os valores da relação entre a precipitação média anual (PMA) e duração do período chuvoso (DPC), que resulta em valores de intensidade pluviométrica (IP) e seus respectivos valores de estabilidade/vulnerabilidade para a área da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO, como sendo o apresentado pela **Tabela 15**.

Tabela 15 - Índice de vulner./estabil. para o clima da BH do Rio Formiga-TO.

PMA	DPC	IP	Vuln./ Estab.
1550	7	221,4	1,7

4.2. Identificando as Unidades de Paisagem Natural

A partir dos procedimentos de análise/diagnóstico produzem-se os mapas de unidades de paisagem natural para a bacia do Rio Formiga-TO. Foram compilados os mapas das unidades geológicas (Formação Pimenteiras, Suíte Intrusiva Ipueiras, Grupo Natividade, Complexo Goiano, Aluviões Holocênicos e Coberturas Detrito-Laterítica Pleistocênica); das unidades geomorfológicas (Depressão do Tocantins, Planícies Fluviais, Planalto Residual do Tocantins, Serra João Damião) e mensurados os valores de estabilidade/vulnerabilidade destas unidades geomorfológicas a partir das formas de relevo, basicamente as formas dos topos –

interflúvios e dos índices morfométricos referentes a dissecação do relevo pela drenagem e a declividade.

As **Unidades de Paisagem Natural** são áreas da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO classificadas quanto à sua estabilidade/vulnerabilidade ambiental (Paisagem Natural Estável, Paisagem Natural Moderadamente Estável, Paisagem Mediamente Estável/Vulnerável, Paisagem Vulnerável). Para determinarmos estas áreas, primeiramente atribui-se aos PIs Temáticos que representam os as unidades da bacia (aspectos geológicos, geomorfológicos, fitogeográficos, etc.) os respectivos valores de estabilidade/vulnerabilidade ambiental (conforme supracitado, variam de 1 a 3). No *software* Spring esse processo é possível através de um operador de *ponderação* utilizando a LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) onde se converte um PI temático em um PI numérico.

Com a LEGAL do Spring aplica-se operações e expressões aritméticas em álgebra de mapas, podendo ser *operações locais* onde há uma caracterização de cada posição de uma área de trabalho vista sob uma dada resolução espacial, em função de valores associados a posições equivalentes em uma ou mais representações de dados sobre a mesma área. *Operações zonais* que resultam na avaliação de estatísticas simples sobre valores definidos por operações pontuais e distribuídos por zonas dadas através de feições vetoriais (polígonos, linhas e pontos) ou por regiões definidas através de operações booleanas (Câmara *et. all.* 1996).

Um programa em LEGAL é constituído de uma lista de sentenças que descreve um procedimento, isto é, um conjunto de ações sobre dados espaciais, que faça sentido no contexto de alguma disciplina de Sistemas de Informação Geográfica. Tais sentenças em LEGAL são estruturadas em quatro grupos conforme Câmara *et. all.* (1996): As *declarações* definem variáveis que serão associadas aos dados fornecidos ou produzidos num programa. Uma variável consiste de um nome, que é então associado a um modelo e uma categoria que

irão caracterizar os planos de informação, mapas cadastrais, objetos ou tabelas de transformação que possam ser por ela representados ao longo de um programa. Nas *instanciações*, variáveis são efetivamente associadas a planos de informação, objetos, mapas cadastrais ou tabelas de transformação. Correspondem à uma operação de recuperação de dados já existentes no banco de dados, ou de criação de um novo dado representado em algum plano de informação ou mapa cadastral. Por fim, as *operações* correspondem à aplicação de um ou mais operadores ou funções sobre variáveis declaradas e instanciadas previamente; são descritas por expressões algébricas, segundo regras gramaticais que permitem a definição recursiva de operações complexas a partir de outras mais simples, com base nas propriedades dos dados e operadores envolvidos. Cada sentença envolvendo que defina uma operação descreve uma operação de atribuição, que consiste de atribuir o resultado da avaliação de uma expressão algébrica a uma variável previamente definida de um programa.

A **Figura 35** ilustra um exemplo aplicado do operador de ponderação (conversão de um mapa de solos em um mapa de solos ponderado). Esta operação permite atribuir pesos que indicam a contribuição relativa de cada das classes de um tema (clima, geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal e uso da terra) nos processos de morfogênese e pedogênese e tendo como produto final um modelo numérico indicando a contribuição relativa de cada tema à metodologia proposta. Exemplificando, o plano de informação de entrada é um mapa de solos com as classes { *Latossolo Vermelho-Escuro*, *Latossolo Vermelho-Amarelo*, *Podzólico Vermelho-Amarelo*, *Cambissolos*, *Plintossolo*, *Afloramentos de Rochas*, *Gleissolos*, *Solo Litólico Pedregoso*, *Solo Petroplíntico* } e o de saída é um MNT cujos valores estão entre 0.0 e 3.0, onde operação de ponderação associará, *p.ex.*, { (*Latossolo Vermelho-Escuro* \rightarrow 1.0), (*Cambissolos* \rightarrow 2.5), (*Plintossolo* \rightarrow 3.0)}. O mesmo procedimento é repetido para cada unidade e suas respectivas classes temáticas.

Realizada a ponderação dos PIs Temáticos aplica-se uma operação matemática com os PIs MNT criados através da LEGAL/Spring. Conforme Crepani *et. all.* (2001) o modelo é aplicado individualmente aos temas (Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima) que compõem cada unidade territorial básica, que recebe posteriormente um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais segundo a equação empírica apresentada abaixo, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de estabilidade/vulnerabilidade natural:

$$E/V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5}$$

onde:

E/V = Estabilidade/Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

$$R = \frac{(G + A + D)}{3} \quad \text{onde:}$$

3

R = Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia.

G = Vulnerabilidade atribuída ao Grau de Dissecção.

A = Vulnerabilidade atribuída à Amplitude Altimétrica.

D = Vulnerabilidade atribuída à Declividade.

S = vulnerabilidade para o tema Solos

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima

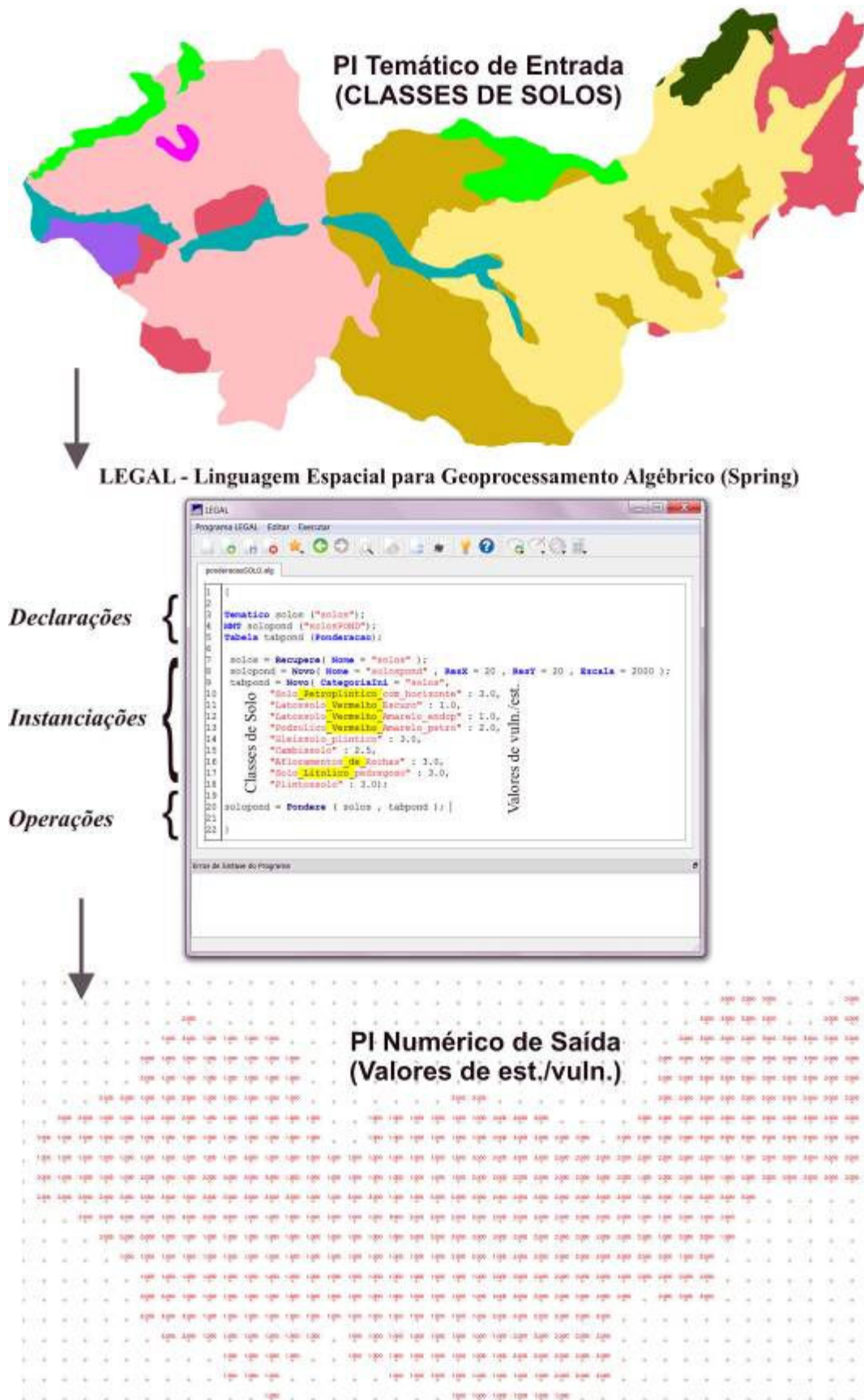
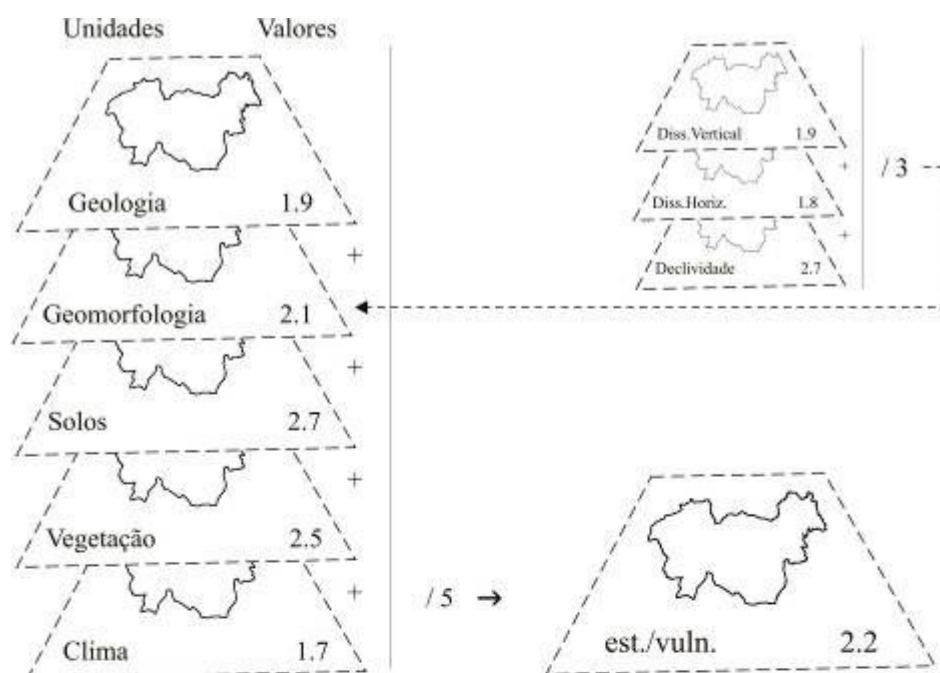


Figura 35 – Exemplo de operação de atribuição de valores de estab./vuln. Aos PI temáticos (ponderação).

Para aplicação da equação de estabilidade/vulnerabilidade cria-se uma *rotina* no LEGAL com uma operação de soma seguida de divisão (média simples pontual). Essa operação é denominada de *sobreposição aritmética* onde a estrutura do arquivo é totalmente alterada em função do operador utilizado, no caso, aplicam-se operadores de adição e divisão. O resultado é um PI MNT com os respectivos resultados variando de 1 a 3 (**Figura 36**).

A partir deste PI MNT aplica-se o operador de fatiamento onde se converte-o em um PI Temático com as respectivas classes de estabilidade/vulnerabilidade pretendidas. Com isso temos para a área da bacia hidrográfica do Rio Formiga um mapa de Unidades de Paisagem Natural representado pela **Figura 37** e cujas proporções de ocupação de área na bacia é apresentada pelo **Gráfico 01**.

Ao cruzarmos o mapa temático em questão com cada uma das unidades que o caracteriza podemos mensurar a área ocupada por cada classe temática (p. ex. solos, geomorfologia, etc.). Este processo é realizado através de uma função do Spring denominada de Tabulação Cruzada e seus resultados são apresentados no **Quadro 01**.



```

LEGAL
Programa LEGAL  Editor  Executar

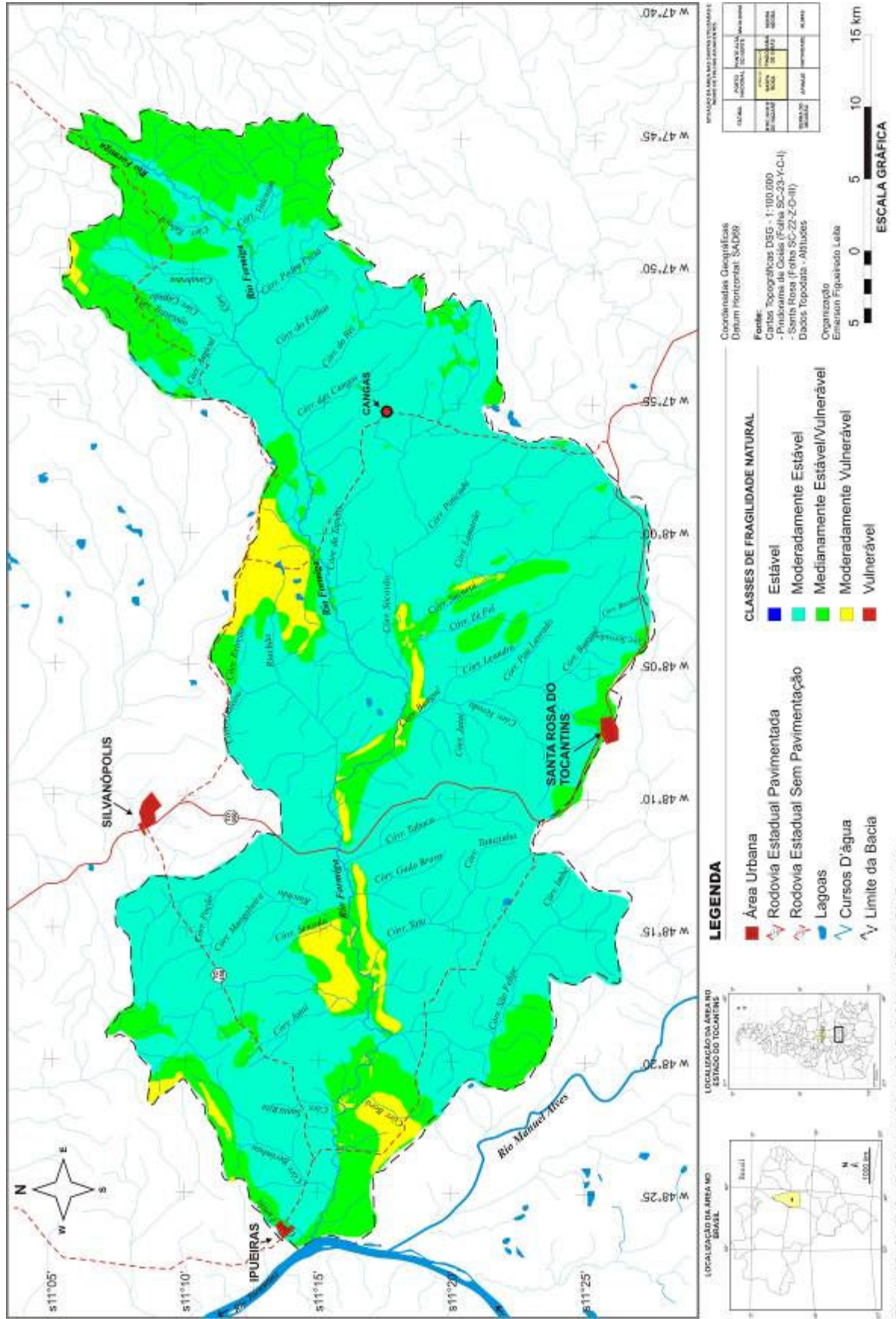
unidadesnaturais.ulg

2
3 // Definicao dos dados de entrada
4
5 Numerico var1 {"climaPOND"};
6 Numerico var2 {"geologiaPOND"};
7 Numerico var3 {"geomorfologiaPOND"};
8 Numerico var4 {"solosPOND"};
9 Numerico var5 {"vegetacaoPOND"};
10
11 // Definicao do dado de saida
12
13 Numerico var6 {"unidadesnaturais"};
14
15 // Recuperacao dos dados de entrada
16
17 var1 = Recupere (Nome="climaPOND");
18 var2 = Recupere (Nome="geologiaPOND");
19 var3 = Recupere (Nome="geomorfologiaPOND");
20 var4 = Recupere (Nome="solosPOND");
21 var5 = Recupere (Nome="vegetacaoPOND");
22
23 // Criacao do dado de saida
24
25 var6 = Novo (Nome="UN", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
26
27 // Geracao da media ponderada
28
29 var6 = (var1 + var2+ var3+ var4+ var5)/5;
30

```

Erros de Sintaxe do Programa

Figura 36 – Operação pontual de média para estimar a estab./vulner. para a bacia hidrográfica do Rio Formiga com PI MNT.



Quadro 01 – Tabulação cruzada das classes de estabilidade/vulnerabilidade com as demais unidades da bacia.

UNIDADE NATURAL	UNIDADE TEMÁTICA						
	Unidades Geológicas (km²)						
	Complexo Goiano	Suíte Intrusiva Ipuciras	Grupo Natividade	Formação Pimenteiras	Aluviões holocênicos	Cobertura Detrito Laterítica pleistocênica	
Moderadamente Estável	1328,59	7,20	27,64	---	1,41	---	
Medianamente Est. /Vuln.	259,80	15,40	16,18	0,012	21,83	38,27	
Moderadamente Vulnerável	---	---	---	4,31	18,72	61,50	
	Unidades Geomorfológicas (km²)						
	Depressão do Alto Tocantins	Planícies Fluviais	Serras João Damião	Planalto Dissecado do Tocantins			
Moderadamente Estável	1347,38	10,94	5,28	1,25			
Medianamente Est. /Vuln.	209,83	33,46	24,83	83,33			
Moderadamente Vulnerável	59,06	18,70	4,31	2,46			

Organizado por Emerson Figueiredo Leite

Quadro 01 – Tabulação cruzada das classes de estabilidade/vulnerabilidade com as demais unidades da bacia (CONTINUAÇÃO).

UNIDADE NATURAL	UNIDADE TEMÁTICA				
	Dissecação Vertical / Amplitude altimétrica (km²)				
	< 20m	20 a 40m	40 a 100m	100 a 200m	>200m
Moderadamente Estável	623,41	578,95	160,71	1,78	---
Medianamente Est. /Vuln.	129,18	127,82	71,97	16,30	6,22
Moderadamente Vulnerável	32,74	43,70	4,55	3,55	---
	Dissecação Horizontal / Amplitude interfluvial (km²)				
	< 250 m	250 – 750 m	750 – 2000 m	2000 – 5000 m	
Moderadamente Estável	35,72	484,03	834,37	10,73	
Medianamente Est. /Vuln.	12,73	145,09	188,28	5,38	
Moderadamente Vulnerável	3,21	17,65	63,68	---	

Organizado por Emerson Figueiredo Leite

Quadro 01 – Tabulação cruzada das classes de estabilidade/vulnerabilidade com as demais unidades da bacia (CONTINUAÇÃO).

UNIDADE NATURAL	UNIDADE TEMÁTICA										
Declividade (km²)											
	0-2	2-6	6-20	20-50	> 50						
Moderadamente Estável	1131,09	199,16	31,11	3,16	0,32						
Medianamente Est. /Vuln.	210,40	32,62	65,09	42,14	1,24						
Moderadamente Vulnerável	77,35	1,57	1,53	3,88	0,21						
Hipsometria (km²)											
	150-200m	200-250m	250-300m	300-350m	350-400m	400-450m	450-500m	500-550m	550-600m	600-650m	650-700m
Moderadamente Estável	---	99,10	876,07	359,19	26,89	2,08	1,44	0,06	---	---	---
Medianamente Est. /Vuln.	0,02	79,11	87,20	46,52	55,03	39,68	24,15	13,88	5,31	0,58	0,01
Moderadamente Vulnerável	---	27,94	49,82	0,05	0,14	0,73	1,42	2,00	1,50	0,90	---

Organizado por Emerson Figueiredo Leite

Quadro 01 – Tabulação cruzada das classes de estabilidade/vulnerabilidade com as demais unidades da bacia (CONTINUAÇÃO).

UNIDADE NATURAL	UNIDADE TEMÁTICA							
	Solos (km²)							
	Plintossolos	Latossolos	Argissolos	Gleiçssolos	Cambissolos	Afloramentos de Rochas	Neossolos	
Moderadamente Estável	---	860,63	502,15	---	2,06	---	---	
Medianamente Est. /Vuln.	159,23	28,09	24,70	57,70	5,10	45,434	31,22	
Moderadamente Vulnerável	25,05	---	---	19,85		37,17	2,46	
	Vegetação Potencial (km²)							
	Savana Arborizada (Campo Cerrado)	Savana Arborizada sem flor. Gal.	Savana Parque	Savana Florestada (Cerradão)				
Moderadamente Estável	1313,55	7,82	16,36	27,10				
Medianamente Est. /Vuln.	271,63	23,76	14,97	41,11				
Moderadamente Vulnerável	48,85	4,64	26,59	4,45				

Organizado por Emerson Figueiredo Leite

Com a operação matemática aplicada as unidades que caracterizam a bacia, e anteriormente discutidas, distinguem-se três unidades de paisagem natural. A **Unidade de Paisagem Natural Moderadamente Estável** compreende área com moderada estabilidade a processos erosivos. Na **Figura 38**, observa-se que áreas desta classe ocupam grande parte da área estudada. São 1.364,84 km² da bacia, correspondendo a maior unidade de paisagem natural. Compreende 75% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga.

São áreas constituídas em sua maioria (97%) por Rochas do Complexo Goiano (1.328,59 km²), gnaisses cuja composição é de quartzo e plagioclásio, elementos que apresentam moderada resistência aos processos de intemperismo. No tocante a geomorfologia, esta unidade é caracterizada em 98% por áreas da Depressão do Alto Tocantins, num total de 1.347,38 km² de áreas com relevo suavemente dissecado com formas tabulares. Salvo as áreas limítrofes às áreas serranas, localizadas na porção noroeste (NO) e leste (E) da bacia que apresentam valores mais altos de dissecação, porém em menor proporção.

Apresentam amplitudes altimétricas que não ultrapassam os 40 metros de dissecação vertical e correspondem a 89% da área. Também, 98% desta área possuem valores de amplitude interfluvial variando entre 250 e 2000 metros, distribuídos da seguinte forma: 36% para a classe de valores entre 250 e 750 metros e 62% para a classe de valores entre 750 a 2000 metros de distância interfluvial, recebendo valores de moderada vulnerabilidade e ocupando do total 1.318,40 km² de área.

São áreas de relevo plano a suave ondulado, com declives na faixa de 0 a 2% de declividade e, na área, abrangem 1.131,09 km², ou 83% desta unidade. Entorno de 15% são declives entorno de 2 a 6%, e o restante, apenas 2%, acima de 6% de declive. Fica claro o predomínio de relevos planos a suave ondulados.

A variação da altitude é de 300 m de amplitude, porém 64% (876,07 km²) apresentam valores de amplitude na classe de 250 a 300 metros, 26% (359,19 km²) entre 300 e 350

metros. São 90% da classe com uma diferença de 100 metros, quando comparando os extremos de altitude. Por apresentar uma área relativamente plana, há pouca variação da altitude e pode ser verificada nos perfis topográficos da **Figura 17**.

Os solos desta unidade são representados por Latossolos (63% da unidade – 860,63 km²), Argissolos (36,85% da unidade – 502,15 km²). Latossolos são solos profundos e bem formados, e os argissolos, quando comparados aos latossolos, apresentam profundidade menor e são solos menos estáveis e menos intemperizados.

A formação vegetal potencial predominante nesta unidade é caracterizada como Savana Arborizada, com 97% da área de vegetação com e sem mata de galeria. Áreas de cerradão ocupam apenas 2% desta unidade (27,10km²).

Unidades Naturais na BH do Rio Formiga-TO

■ Classe I ■ Classe II ■ Classe III

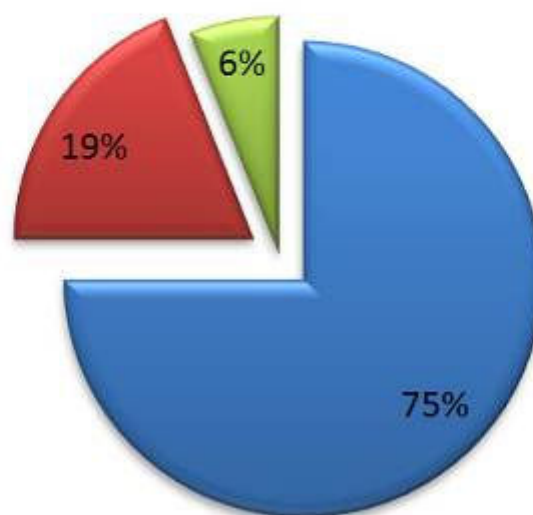


Gráfico 01 – Área proporcional das classes de unidades de paisagem natural.

A **Unidade de Paisagem Medianamente Estável/Vulnerável** compreende 19% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. São 351,49 km² de área caracterizada como Medianamente Estável/Vulnerável. Apresentam rochas do Complexo Goiano ocupando 74% de área desta classe, perfazendo 259,80 km² e unidades geológicas mais vulneráveis ocupam 18% da área desta classe, sendo 38,37 km² de Cobertura Detrito Laterítica pleistocênica e 21,83 km² com áreas de Aluviões holocênicos.

Áreas caracterizadas como Depressão do Alto Tocantins ocupam 59% desta classe. São áreas com pouca declividade, 60% dos declives (210,40 km²) estão na faixa de 0 a 2%; e 10% (32,62 km²) na faixa de 2 a 6% de declive; 18% (65,09 km²) na faixa de 6 a 20%. Estas áreas apresentam um relevo de plano a ondulado, com dissecação vertical moderada, onde 73% da área, ou 1.257 km² de área não ultrapassam os 40 metros. Acima destes valores, na classe de 40 a 100 metros de amplitude interfluvial, temos 71,97 km² de área da classe, o que corresponde a 20,47% do total. Outros 5% de área estão acima destes valores de dissecação vertical. Verifica-se que quanto a amplitude interfluvial as maiores porcentagens por classe estão na faixa de 750 a 2000 metros de distância entre canais, o que representa 54% (188,28 km²) do total desta classe de estabilidade/vulnerabilidade. Outros 41% (145,09 km²) estão na classe de 250 a 750 metros, restando outros 4% divididos entre as menores e maiores classes de amplitude interfluvial, menores que 250 metros e maiores que 2000 metros respectivamente. Planícies Fluviais, Serra João Damião e áreas do Planalto Dissecado do Tocantins, representam 41% da área da classe. A variação da altitude é de aproximadamente 400 metros, apresentando áreas no intervalo de 200 a 600 metros de altitude.

Os solos característicos desta área são do tipo plintossolos (45%) com 159,23 km²; apenas 8% de latossolos (28,09 km²), 7% de Argissolos (24,70 km²), complementados por áreas de gleissolos, cambissolos, neossolos e afloramentos de rochas com 39% da área.

A fitofisionomia dominante na classe é a do tipo Savana Arborizada com ou sem a presença de mata de galeria, conhecida como área de campo cerrado ocupam 84% da classe, com 295,39 km² de área. Áreas de Savana Parque ocupam apenas 4% e Savana Florestada outros 12% de área desta classe.

Outra classe distinguida denomina-se de **Unidade de Paisagem Moderadamente Vulnerável**, são unidades de paisagem moderadamente vulnerável ocupam 84,53 km² de área da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO, o que corresponde a 6% do total. Esta classe de fragilidade/vulnerabilidade apresentam 73% de sua área composta pela unidade geológica Cobertura Detrito Laterítica Pleistocênica (61,50 km²); 22% por Aluviões holocênicos (18,72 km²) e 5% por áreas da Formação Pimenteiras (4,31 km²).

Predominante na bacia, também nesta classe a unidade geomorfológica Depressão do Alto Tocantins ocupa 70% de área. São 59,06 km² de relevo apresentando baixa declividade, onde 92% de sua área apresentam declives de 0 a 2%. A variação altimétrica predominante desta classe é de 100 metros, onde verifica-se que 92% das classes hipsométricas estão na classe de 200 a 300 metros. Outros 22% da área da classe são áreas da unidade geomorfológica Planícies Fluviais e 8% distribuídos entre aéreas da Serra João Damião e Planalto Dissecado do Tocantins. Estas áreas apresentam relevos de suave a fortemente ondulados com 2% das declividades na classe de 2 a 6%; 2% na classe de 6 a 20%; e 4% chegam a declives maiores que 50%. A diferença de altitude gira em torno 350 metros, são apenas 8% da área da classe que apresentam altitudes entre 300 e 650 metros do nível do mar.

Noventa e um por cento (91%) desta classe apresentam amplitude altimétrica (dissecação vertical) pelo trabalho dos cursos d'água que não ultrapassam os 40 metros (76 km²), outros 9% estão distribuídos entre as classes de 40 a 100 metros e 100 a 200 metros. A dissecação horizontal apresenta-se na classe da seguinte forma: 75% da classe são áreas com 750 a 2000 metros de distância entre cursos d'água, o que representa 63,68 km². Outros 21% estão no

intervalo de classe que varia entre 250 e 750 metros. Por fim, 4% apenas na classe menor que 250 metros de dissecação horizontal.

Áreas de Afloramentos de Rochas são predominantes nesta classe, ocupando 37,17 km² ou 45% da área. Ainda há 29% ocupado por Plintossolos (25,05 km²) e 23% por Gleissolos (19,85 km²). A vegetação característica é a formação Savana Arborizada com 63% da área (54 km²); 32% são áreas com predomínio da formação Savana Parque e apenas 5% com áreas de Savana Florestada (Cerradão).

4.3. Identificando polígonos de intervenção antrópica

Os polígonos de intervenção antrópica são caracterizados pelo Uso/ocupação e cobertura da terra e podem ser sintetizados através de mapas. Estes indicam a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente sensoriadas. Sua identificação, quando atualizada, é de grande importância ao planejamento e orienta à ocupação da Paisagem, respeitando sua capacidade de suporte e/ou sua estabilidade/vulnerabilidade.

Este processo implica identificar os fenômenos, categorizá-los e mensurá-los, possibilitando assim sua compreensão. A interpretação da imagem de satélite auxilia na espacialização dos eventos, enquanto os dados estatísticos compreendem uma transposição dos fenômenos da realidade para escalas adequadas às nossas análises. Nesse sentido, um conceito que é uma abstração da realidade, ou seja, não é visível nem mensurável, deve ser

transformado em um conjunto de valores concretos (quantitativos ou qualitativos), através de artifícios que permitem vinculá-los a uma representação teórica (IBGE, 2006).

O conhecimento e o monitoramento do uso e ocupação da terra é primordial para a compreensão dos padrões de organização do espaço, uma vez que suas tendências possam ser analisadas. Este monitoramento consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização de tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma sintética, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2007).

Os conceitos relativos ao uso da terra e cobertura da terra são muito próximos, por isso, muitas vezes são usados indistintamente. Cobertura da terra está diretamente associada com tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar. Imagens não registram atividades diretamente. Cabe ao interprete buscar as associações de reflectâncias, texturas, estruturas e padrões de formas para derivar informações acerca das atividades de uso, a partir do que é basicamente informações de cobertura da terra (ARAUJO FILHO, 2007).

Novo (1989) explica que o “termo Uso da Terra refere-se a utilização CULTURAL da terra, enquanto que o termo “cobertura da terra” ou “*land cover*” refere-se ao seu REVESTIMENTO”. A autora exemplifica esta diferenciação onde “áreas florestais que, embora sejam de um só tipo sob o ponto de vista de cobertura, podem ter diferentes usos: lazer, exploração de madeira, reservas biológicas etc.”.

A identificação dos polígonos de intervenção antrópica na bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO se deu a partir de imagens obtidas pela série de satélites Landsat, e disponibilizadas pelo INPE na Internet, como já supracitado. Estas imagens são disponibilizadas em arquivo compactado (*.zip) exigindo desta forma *software* específico

para descompactação (WinRAR[®]). Descompactadas as imagens são armazenadas numa pasta específica no sistema para depois serem importadas para o banco de dados com o *software* Spring 5.

Para análise quanto à identificação do uso/ocupação e cobertura da terra, as imagens passam por um processamento digital que compreende um pré-processamento (correção geométrica simples), o realce de contraste, a análise em si (classificação supervisionada) e finalizando, o mapeamento de classes que gera um PI Temático com as respectivas classes estudadas. Estas técnicas de processamento digital de imagens facilitam a identificação e a extração da informação expressas pelas imagens.

As distorções geométricas diminuem a precisão das imagens originais. Rosa (2007) cita como algumas distorções geométricas os deslocamentos sofridos pelo sistema de eixo do sensor. São três tipos: *roll*, afetam a imagem no sentido longitudinal; *pitch*, provocam distorções transversais à varredura e *yaw*, que provoca um efeito semelhante a um leque. Há também alterações advindas da variação da altitude e da velocidade da plataforma.

Estas distorções são corrigidas através do uso de modelos matemáticos disponíveis nos softwares de processamento digital de imagens. No Spring 5 a correção geométrica é denominada de registro. Conforme Câmara *et. all.* (1996) o registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. É comum denominar o procedimento de registro como geocodificação e georreferenciamento, sempre na intenção de refinar a qualidade geométrica de imagens com correção geométrica de sistema. Para referenciar as imagens de satélite utilizadas neste trabalho, optou-se em ter como referencia cartográfica uma imagem Geocover-NASA (S-22-10_2000). Estas são imagens ortorretificadas com pixel de 14,25 metros.

A imagem Geocover é importada para o banco de dados do Spring através do Menu *Arquivo* → *Importar* → *Importar dados vetoriais e matriciais* compondo um PI Imagem. As imagens Landsat utilizadas são também importadas pelo mesmo processo. Para o registro, acessa-se o Menu *Arquivo* → *Registro* para acionar a janela com as opções para a operação. Como a base de referencia é uma imagem já registrada (PI Imagem), a opção de coleta de pontos de controle é *Aquisição por Tela*, de forma que podemos reconhecer na imagem referência, pontos de controle de fácil visualização em ambas as imagens. Os pontos de controle coletados são salvos para o ajuste geométrico das imagens em um novo plano de informação. A **Figura 38** ilustra a operação.

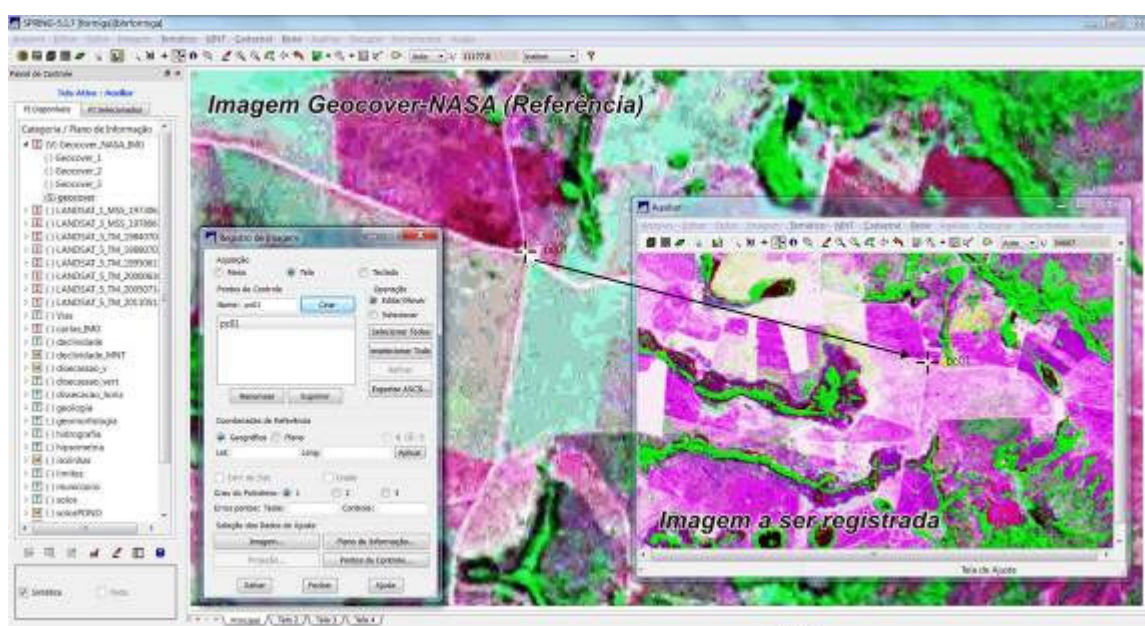


Figura 38 – Registro de PIs pelo método de aquisição por tela.

Com as imagens já devidamente registradas e incorporadas ao banco de dados do Spring passa-se ao realce de contraste. Rosa (2007) explica que o realce diz respeito à modificação de imagens para torna-las mais apropriadas às capacidades da visão humana. As técnicas de realce de imagens modificam, através de funções matemáticas, os níveis de cinza ou os

valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais e melhorar a qualidade visual da imagem, facilitando a sua interpretação.

O realce de contraste aplicado nas imagens foi a **Equalização de Histogramas** do Spring 5.1.7 acessado no Menu *Imagem* → *Contraste*. Este realce consiste numa maneira de manipulação de histograma reduzindo automaticamente o contraste em áreas muito claras ou muito escuras, expandindo também os níveis de cinza ao longo de todo intervalo. É uma transformação não-linear que considera a distribuição acumulativa da imagem original, para gerar uma imagem resultante, cujo histograma será aproximadamente uniforme conforme Câmara *et. all.* (1996) e ilustrado na **Figura 39**.

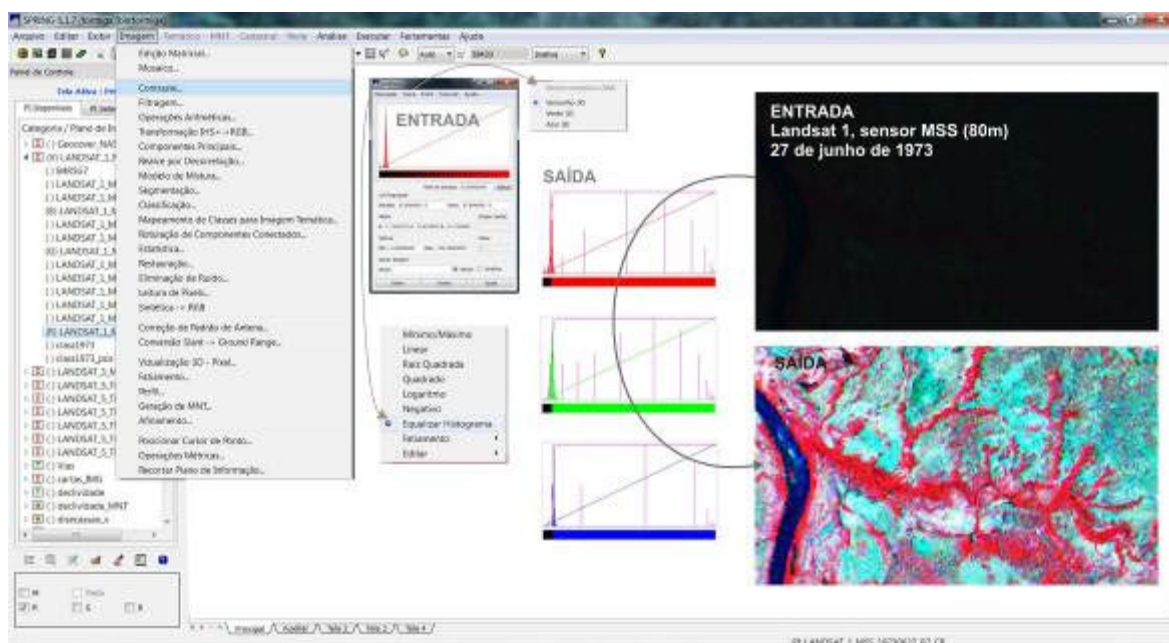


Figura 39 - Realce de contraste no Spring a partir da Equalização de Histograma.

A Equalização de Histogramas no Spring apresenta a seguinte função de equalização de histograma (CÂMARA *et. all.*, 1996):

$$Y = \frac{(f_{axi}) \cdot 255}{P_t}$$

onde :

f_{axi} = frequência acumulada para o nível de cinza x_i

P_t = população total (número total de "pixels")

Feito o realce, passa-se a classificação de imagens, ainda uma técnica do processamento digital de imagens. A classificação refere-se à interpretação de imagens de sensoriamento remoto auxiliada por um sistema de computador, e na sua maioria, baseia-se exclusivamente da detecção de assinaturas espectrais das classes de cobertura da terra (ROSA, 2007).

Conforme o IBGE (2006), cores, texturas, arranjos e formas são exemplos de características espectrais de feições observadas nas imagens que revelam os alvos imageados, permitindo a identificação de padrões essenciais na interpretação de imagens e a classificação do tipo de Cobertura e de Uso da Terra. Para a interpretação dessas características a utilização das imagens falsa-cor é bastante útil para melhor discriminar os alvos analisados.

Nas imagens Landsat 1, sensor MSS (Sistema Imageador Multiespectral - *Multispectral Scanner Subsystem*) de 27 de junho de 1973 foi adotada a composição colorida 4B, 5R, 7G e 4B, 5G, 7R; Landsat 3, sensor MSS de 19 de junho de 1978 nas bandas 4B, 5R, 7G e 4B, 5G, 7R; Para as cenas Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*) de 04 de julho de 1984, 02 de julho de 1989, 17 de junho de 1995, 30 de junho de 2000, 14 de julho de 2005 e 12 de maio de 2011 foi utilizada a composição 3R, 4G, 5B e 3B, 4R, 5G (**Figura 40**).

Para a classificação há uma alternância entre as composições apresentadas, para uma melhor interpretação da imagem. Preparada a imagem, passou-se ao procedimento de classificação. Esta operação consiste na extração de informações das imagens supracitadas no intuito de reconhecer padrões e objetos homogêneos.

A informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem espectral, onde cada “*pixel*” tem as coordenadas espaciais x , y e a coordenada espectral L , que representa a radiância de um alvo no intervalo de comprimento de onda de uma banda espectral (Câmara *et. all.*, 1996). Essa informação espectral é submetida a uma classificação supervisionada, a qual aplicamos nesta pesquisa seguida de uma edição matricial.

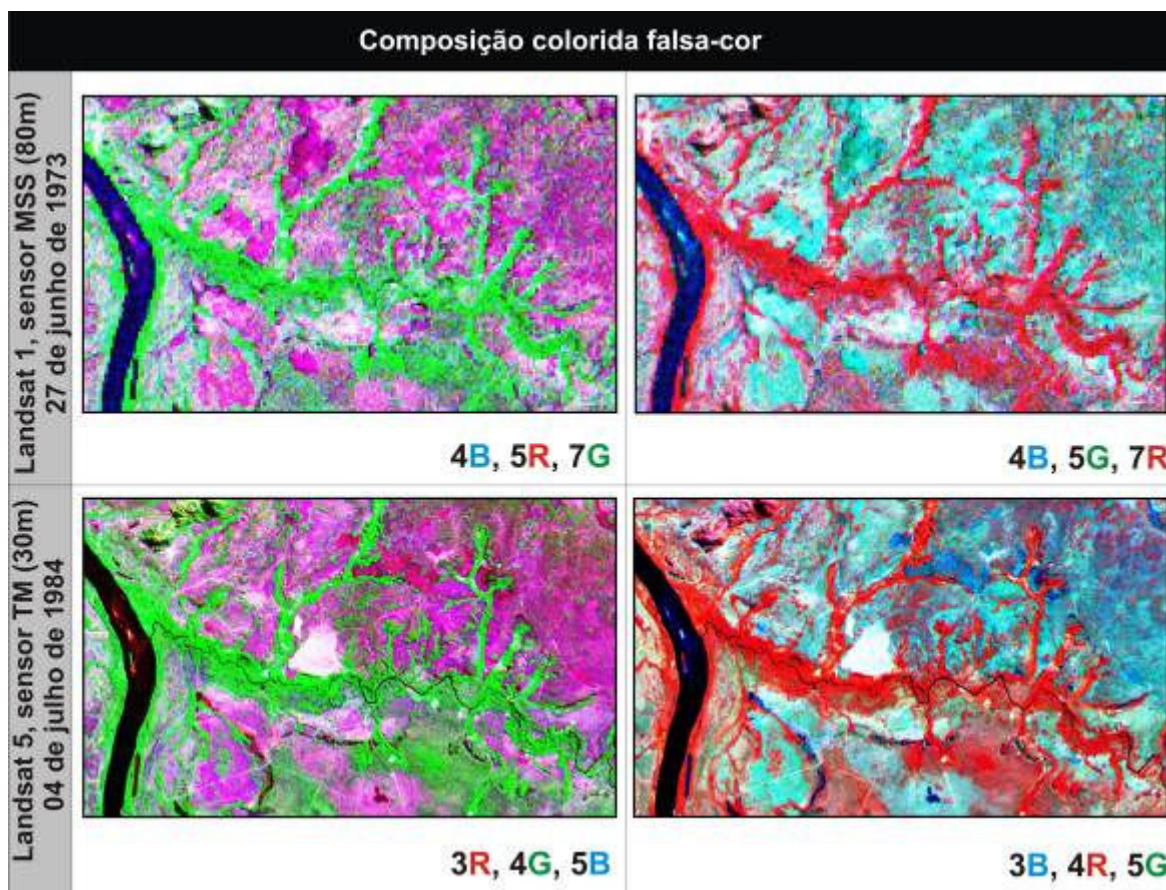


Figura 40 – Composição falsa-cor utilizada para interpretação de imagens no Spring.

O sucesso da classificação depende, conforme Rosa (2007) da presença de assinaturas distintas para as categorias de cobertura do solo de interesse no conjunto de bandas espectrais usada e da habilidade para distinguir com segurança estas assinaturas de outros padrões de resposta espectral que possam estar presentes, além de trabalhos de campo identificando áreas amostradas.

Uma classificação supervisionada se aplica quando se tem um conhecimento prévio sobre as classes na imagem, ou seja, identifica-se exemplos das classes intencionadas a espacializar presentes na imagem, o que chamamos de áreas de treinamento. O *software* Spring analisa as amostras de treinamento varrendo a cena em questão a atribui a cada *pixel* uma classe temática “treinada”. A **Figura 41** ilustra a sequência de classificação.

No processo de classificação qualifica-se cada pixel disposto na imagem, adotando os mesmos procedimentos da análise visual de imagens. Assim, resgatamos aspectos como padrão, tonalidade e cor, forma e tamanho, textura e sombra, qualidade do produto, somadas a experiência do interprete acerca da área de estudo e dos processos de interpretação. O alvo estudado ganha denominações genéricas de classes ou classes temáticas, conforme explica Moreira (2007).

No Spring, optou-se pela classificação MAX-VER ICM, um classificador “*pixel-a-pixel*”. Enquanto o classificador MAXVER (Máxima Verossimilhança) associa classes considerando pontos individuais da imagem, o classificador MAXVER-ICM (*Iterated Conditional Modes*) considera também a dependência espacial na classificação. Inicialmente a imagem é classificada conforme propõe o algoritmo MAXVER atribuindo classes aos “*pixels*”, considerando os valores de níveis digitais. Na sequência, leva-se em conta a informação contextual da imagem, ou seja, a classe atribuída depende tanto do valor observado nesse “*pixel*”, quanto das classes atribuídas aos seus vizinhos. O algoritmo atribui classes a um determinado “*pixel*”, considerando a vizinhança iterativamente. Este processo é finalizado quando a % de mudança (porcentagem de “*pixels*” reclassificados), definida pelo usuário é satisfeita, como explica Câmara *et. all.* (1996).

O Spring fornece ao usuário as opções 5%, 1% e 0,5% para valores de porcentagem de mudanças. Um valor de 5% significa que a reatribuição de classes aos *pixels* é interrompida quando apenas 5% ou menos do total de *pixels* da imagem foi alterado (Moreira, 2011).

A imagem classificada foi mapeada para um PI Temático através do Menu *Imagem* → *Mapeamento de classes para Imagem Temática*. Com esse procedimento, associa-se as classes identificadas no PI Imagem a um PI Temático, o que possibilitou mensurar a área ocupada por cada uma delas. O PI Temático resultante pode ter seu resultado refinado com uma edição matricial, onde, a partir do recurso *acoplar* no Spring, acoplou-se a imagem

analisada ao fundo e ajustou o resultado a uma resposta mais fiel a realidade, o que foi aplicado a todas as cenas classificadas. Para a Imagem Landsat 5 de 12 de maio de 2011, mais atual, pode-se inferir e editar matricialmente áreas de classes identificadas nas imagens e comprovadas em atividade de campo (fotografias e respectivas coordenadas) bem como em cenas HRC (*High Resolution Camera* - Câmera Pancromática de Alta Resolução) com resolução espacial de 2,7 m do CBERS 2B (*China-Brazil Earth Resources Satellite* - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres).

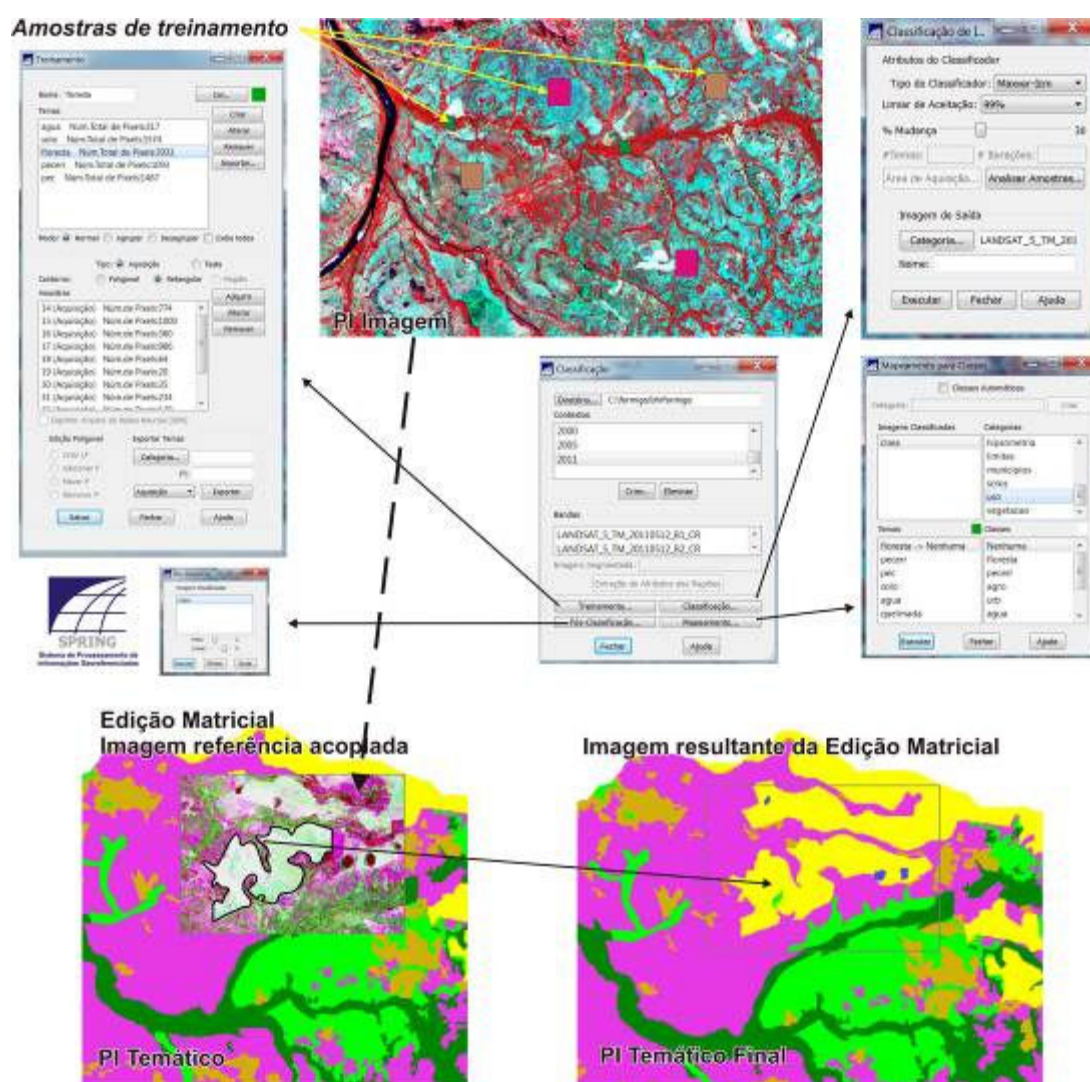


Figura 41 - Etapas de classificação e edição matricial.

Ao editar uma imagem classificada passa-se ao procedimento denominado de classificação híbrida, que, conforme explica Moreira (2011), consiste numa interpretação visual feito na tela do computador levando em consideração os elementos de interpretação visual de imagens: padrão espectral, textura, sombra, forma e tamanho, tonalidade e cor, além da acuidade visual do interprete e a qualidade da imagem fonte.

Deixa-se claro que “não existe classificação de revestimento e uso da Terra que seja única e ideal. Cada classificação é feita de forma a atender as necessidades do usuário e adaptadas à região” (Rosa, 2007, pag. 164), bem como é inerente aos materiais utilizados, às metodologias empregadas e a experiência do profissional que a faz, ainda está intrínseca ao conhecimento da área estudada.

As classes temáticas adotadas nesta pesquisa variaram com o passar nos anos analisados, sendo elas descritas a seguir. Optou-se pela periodicidade de 5 anos entre as cenas analisadas, numa tentativa de verificar a dinâmica do uso/ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. As classes escolhidas são descritas na **Tabela 16** e levaram em consideração o sistema multinível proposto pela IBGE (2006).

Tabela 16 – Classes temáticas analisadas


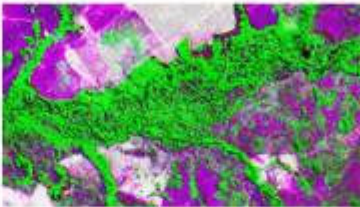
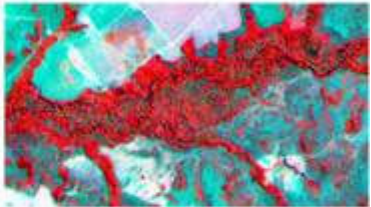

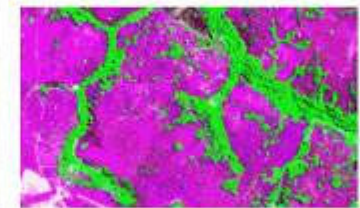
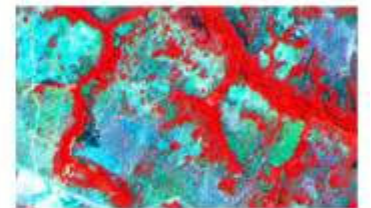


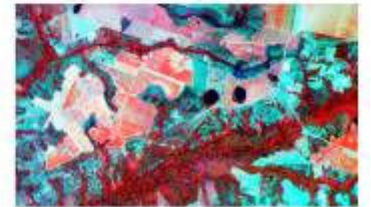
NIVEL I	NIVEL II	DIGITO	NIVEL III
CLASSE	SUBCLASSE		UNIDADE
ÁREAS ANTRÓPICAS AGRÍCOLAS	Cultura Temporária	2.1.9	Culturas alimentares comerciais.
	Pastagem	2.3.8	Pecuária bovina extensiva para corte + Vegetação secundária (com e sem palmeira).
ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL	Floresta	3.1.9	Vegetação secundária (com ou sem palmeira) + Lavouras alimentares de subsistência + Pecuária extensiva para corte + exploração de madeira.

Fonte: IBGE, 2009.

Este sistema parte da decisão sucessiva do universo de três níveis de abstração que atende mapeamentos dentre as escalas de 1:250.000 e 1:100.000, e apresenta no Nível I (classes) as principais categorias da cobertura terrestre do planeta, que podem ser discriminadas a partir da interpretação direta dos dados dos sensores remotos, e adequadas a estudos nacionais ou inter-regionais. O nível II (subclasses) traduz a cobertura e o uso em uma escala mais regional, onde nem todas as categorias podem ser interpretadas com igual confiabilidade somente a partir de dados de sensores remotos, necessitando o uso de dados complementares e observações de campo. O nível III (unidades) explicita os usos propriamente ditos, e por comportar inúmeras combinações entre os tipos de uso e cobertura do território nacional, não foi concebido com um número predefinido de itens. Aqui, é imprescindível a utilização de dados exógenos aos sensores remotos, como aqueles obtidos a partir de observações de campo, inventários, entrevistas e documentação em geral (IBGE, 2006).

Na **Tabela 17** apresentam-se os valores absolutos e relativos de área ocupada por cada classe de uso/ocupação e cobertura da terra e a **Figura 42** a seguir ilustra as classes temáticas identificadas em nossas análises. Já a **Figura 44** apresenta os resultados mapeados para a bacia hidrográfica do Rio Formiga - TO.

Quanto ao **uso e ocupação da terra** na bacia na série temporal analisada, partindo do ano de 1973 ao ano de 2011 em um intervalo de aproximadamente 5 (cinco) anos entre cada cena imageada. A dinâmica apresentada pelas classes temáticas (dados disponíveis na **Tabela 17** e ilustrados pelo **Gráfico 02**), verifica-se que no primeiro ano analisado, em 1973, a classe Floresta apresentava uma área de 595 km², o que correspondia a 33,02% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO, e o restante da área (66,98%), correspondente a 1.206,93 km² eram ocupadas pela classe temática Pastagem.

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO			
Classe	Foto	Composição colorida	
		3R, 4G, 5B	3B, 4R, 5G
<i>Floresta</i>			
<i>Pastagem</i>			
<i>Cultura Temporária</i>			

Org. Emerson Figueiredo Leite

Figura 42 – Chave de interpretação utilizada no processo de classificação de imagens.



Figura 43 – Remanescentes florestais - Cerradão (Foto do autor, dezembro/2010).

A classe temática Floresta apresenta no período analisado uma redução de aproximadamente 31% de sua área, compreendendo numa diminuição de 180,90 km² de área, quando se compara os dados dos anos de 1973 e os atuais. No intervalo de tempo citado, há uma tendência ao desmatamento e supressão da vegetação mais densa, em consequência da incorporação de terras por práticas agropecuárias e a introdução de pastagem e lavouras temporárias.

As áreas de uso por práticas de pecuária extensiva, caracterizadas por pastagem de introdução antrópica e/ou natural, somadas a de áreas de vegetação secundária de baixo porte e árvores esparsas, ocupavam em 1973 uma área com 1.206,93 km² (66,98%), e apresentou um acréscimo de aproximadamente 17% de área até o ano de 1984, equivalente a mais 200 km² de terras. Após esse último ano há um decréscimo de mesma percentagem e em 2011 apresenta um total de 1.216,97 km², ou ainda, 67,54% da área da bacia.

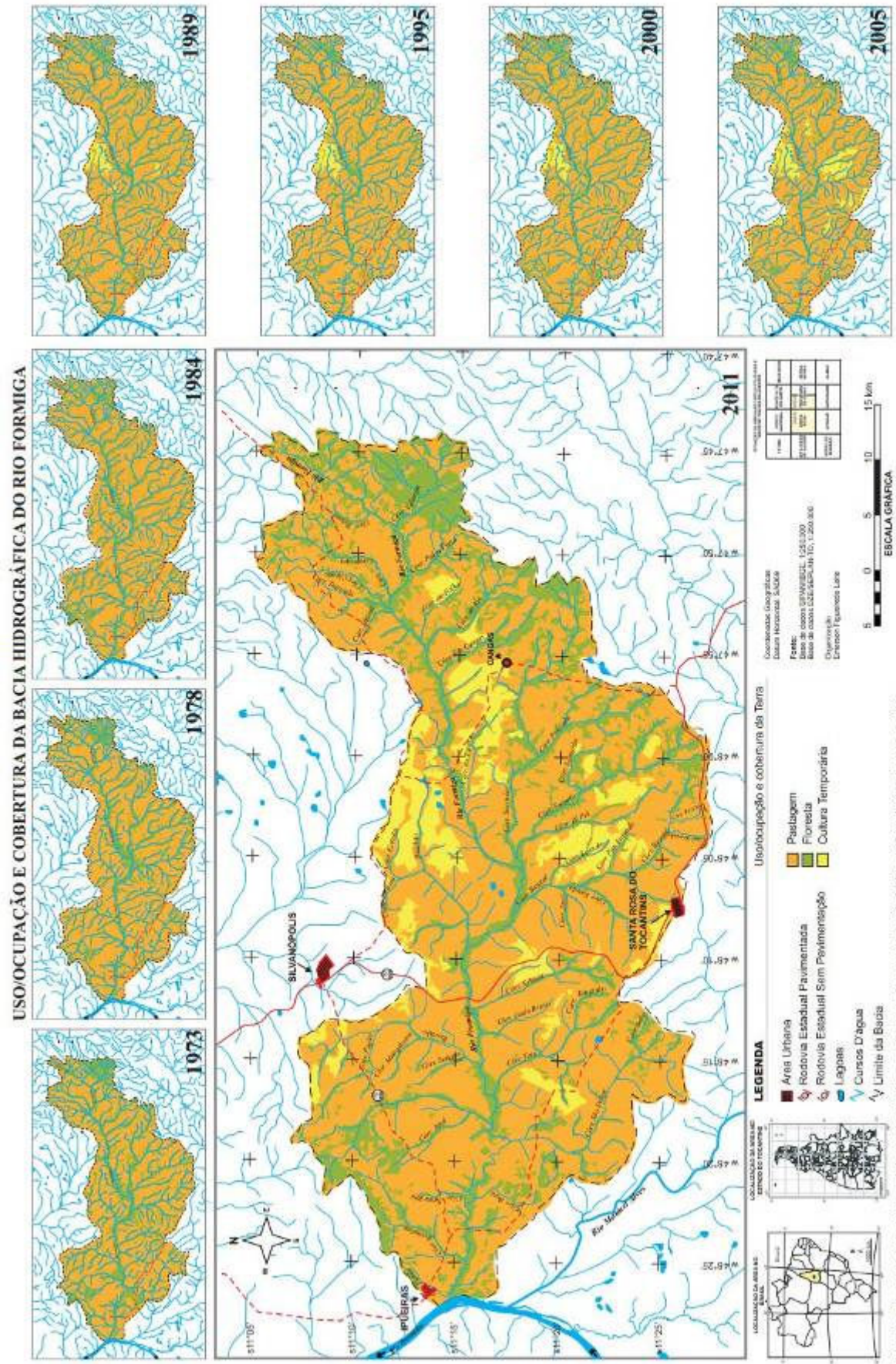
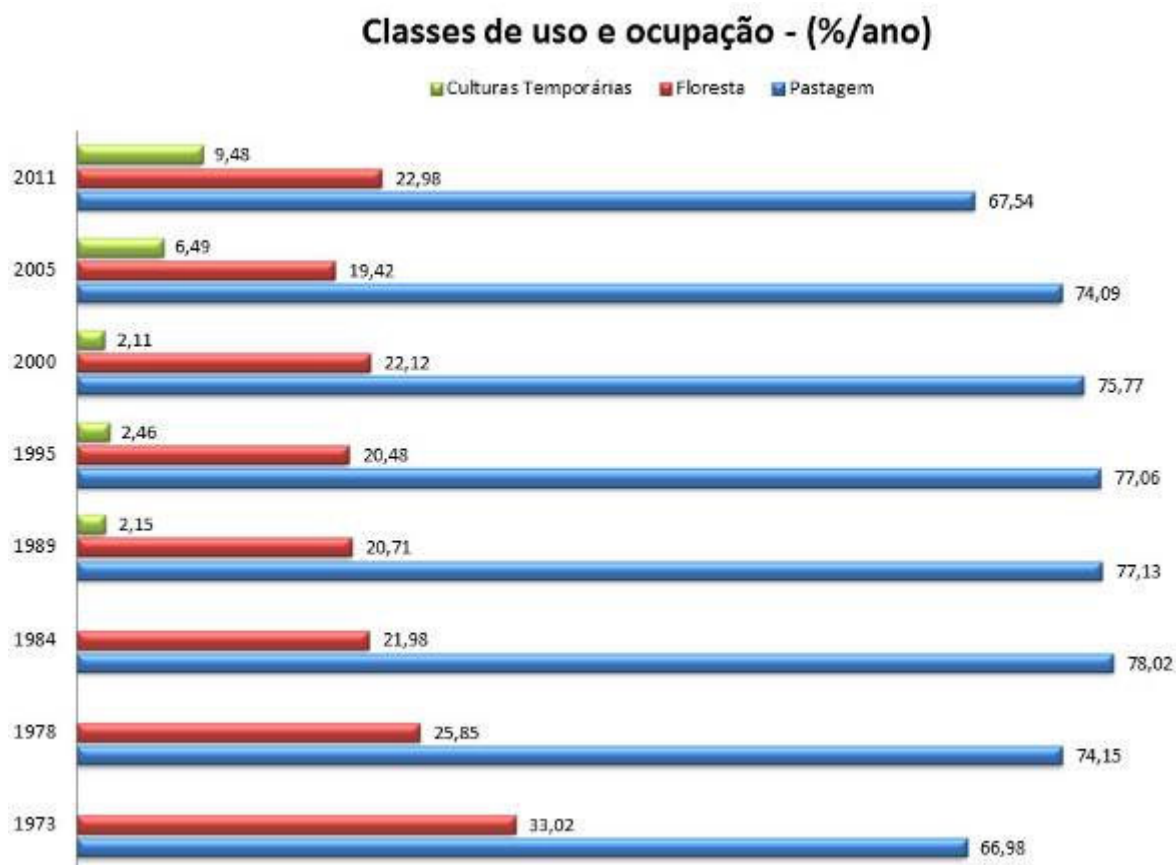


Figura 44 – Evolução temporal do uso/ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO.

Tabela 17 – Evolução do uso/ocupação e cobertura da terra na BH do Rio Formiga-TO.

CLASSE TEMÁTICA	DATA DA CENA ANALISADA							
	27/06/1973*		19/06/1978**		04/07/1984***		02/07/1989	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Pastagem	1206,93	66,98	1336,13	74,15	1405,89	78,02	1389,9	77,13
Floresta	595,00	33,02	465,80	25,85	396,04	21,98	373,20	20,71
Lavoura Temporária							38,83	2,15
	17/06/1995		30/06/2000		14/07/2005		12/05/2011	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Pastagem	1388,62	77,06	1365,37	75,77	1335,01	74,09	1216,97	67,54
Floresta	369,01	20,48	398,50	22,12	349,93	19,42	414,16	22,98
Lavoura Temporária	44,30	2,46	38,06	2,11	116,99	6,49	170,80	9,48

* Landsat 1; ** Landsat 3; *** Apartir desta data utilizou-se cenas Landsat 5.

**Gráfico 02** – Evolução do uso e ocupação da terra na bacia.

As áreas ocupadas com a classe temática cultura temporária passam a ser analisadas a partir de dados do ano de 1989 com a introdução de lavouras de soja e milho na área estudada. No primeiro ano ocupando apenas 2,17% da área total da bacia, com 38,83km², e evoluindo numa crescente em ocupação de áreas para, em 2011, ocupar 9,48% da área total da bacia, correspondendo a 170,80 km². Esta classe ocupa áreas da porção central da bacia hidrográfica do Rio Formiga, áreas que apresentam solos do tipo Latossolo Vermelho-Escuro, Podzólico Vermelho-Amarelo e, ainda, em menor proporção áreas de afloramento rochoso.

A agricultura praticada na área é considerada uma agricultura moderna, que conforme Baccaro (2005), vem intensificando o uso do Cerrado brasileiro a partir da ocupação de grandes áreas, da supressão da vegetação primária, alterando desta forma a biodiversidade local. Ainda, são práticas que se apóiam no uso intenso de máquinas pesadas para o preparo do solo e do uso de agrotóxicos e adubos químicos. Alteram o equilíbrio hidrogeomorfológico das vertentes, contribuem para a sedimentação dos fundos de vales, extinguem veredais e diminuem a vazão dos mananciais e o nível dos lençóis freáticos. São, desta forma, práticas que devem levar em consideração, práticas conservacionistas que visem a proteção da água e do solo, principalmente.

4.4. Unidades Legais

O Código Florestal vigente, Lei número 4.771 (de 15 de setembro de 1965) estabelece algumas limitações ao uso/preservação das florestas existentes no território nacional. Para caracterizar as **unidades legais** tomou-se em consideração esta Lei que considera de “preservação permanente 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”, no caso dos afluentes do Rio Formiga, “de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura” e, para o curso denominado de Rio Formiga de 50 (cinquenta) metros, uma vez que este canal apresenta uma largura que varia de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros. Considera-se também, no caso das nascentes, qualquer que seja a sua situação topográfica, um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.

A Lei também garante a proteção de áreas de topo de morros, montes, montanhas e serras; áreas de encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Mesmo estando protegidas por legislação federal e estadual, as Matas de Galeria vem sendo progressivamente alteradas, chegando até a sua destruição, sendo portanto, alvo de preocupação constante por parte de pesquisadores e da comunidade envolvida (RIBEIRO, 1998, pag. 03).

Para a determinação das faixas de proteção ao longo dos cursos de água e respectivas nascentes utilizou-se a função do Spring denominada de Mapa de Distâncias tendo como base um PI temático com vetores da rede hidrográfica da bacia. Um mapa de distância é um tipo de análise de vizinhança e como produto final apresenta um mapa com respectivas zonas com as distâncias especificadas em torno de um ou mais elementos do mapa, aqui a rede hidrográfica (linhas) e nascentes (pontos). Este procedimento é possível a partir da barra de ferramentas do Spring, acessando o *Menu* → *Mapa de distância*, conforme ilustrado pela **Figura 45**.

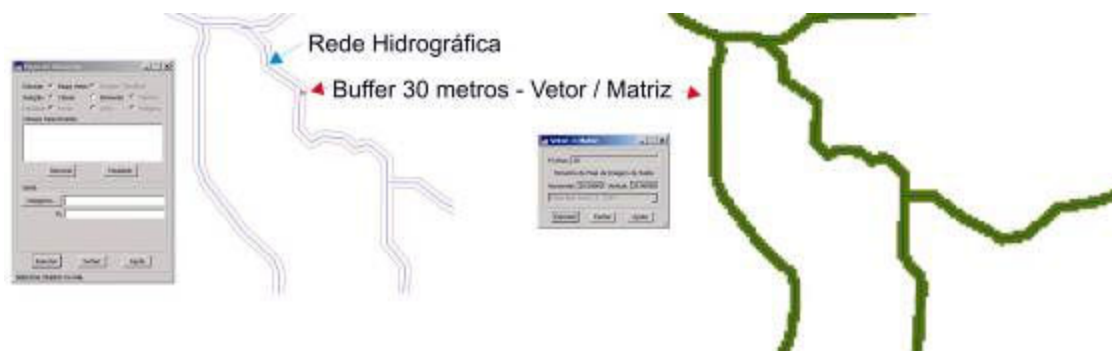


Figura 45 - Operador mapa de distância para determinação de APP.

Para caracterização dos topos de morros, considera-se a Resolução Conama nº303, paragrafo 2º, inciso IV que define morro como a elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade; [...] VI - base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor; VII - linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma sequência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas.

No Art. 3º esta Lei institui como Área de Preservação Permanente a área situada:

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

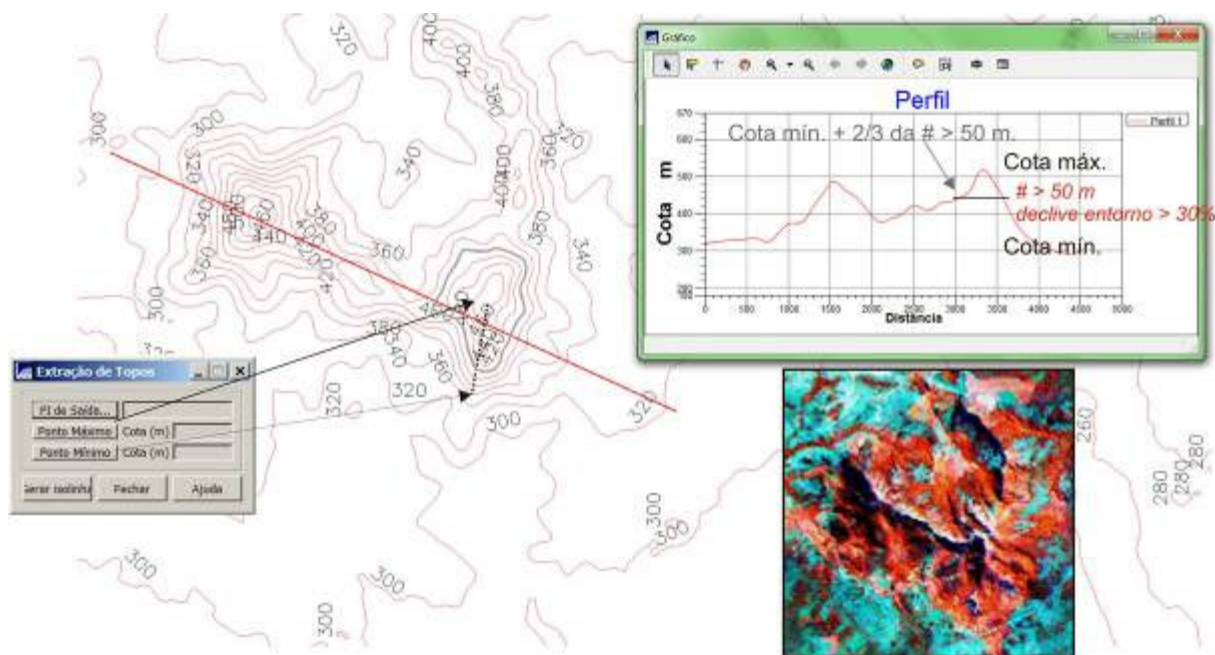


Figura 46 – Extração de topos de morro conforme Conama n.303 no Spring.

No artigo 3º da mesma resolução considera que “no topo de morros, montes e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação em relação à base”. Adotando esses parâmetros legais, passou-se a identificação dos topos de morros e linha de cumeada a partir do operador MNT do Spring *Extração de Topos* ilustrado na **Figura 46**.

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMIGA

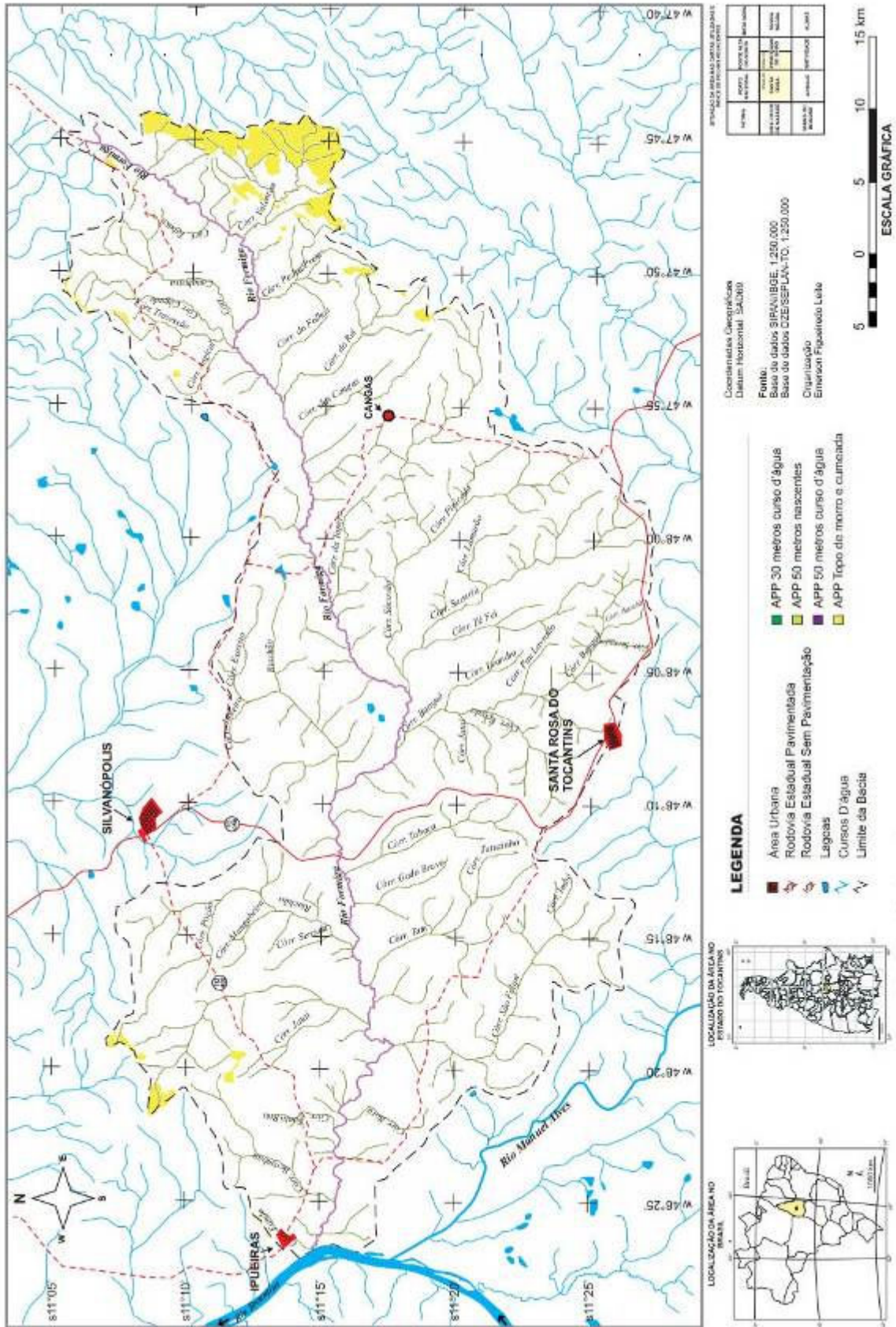
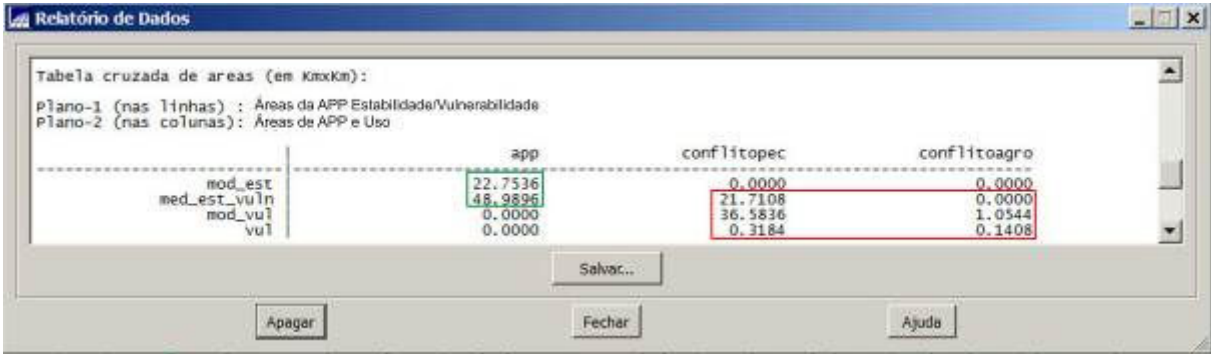


Figura 47 – Áreas de Preservação Permanente para a bacia hidrográfica do Formiga.

As áreas determinadas como **unidades legais** são apresentadas na **Figura 47**. Conforme a legislação vigente determinou-se áreas de mata ciliar com largura de 30 metros para cursos d'água de até 10 metros de largura correspondendo a 76 km² de área; mata ciliar com largura de 50 metros para cursos d'água do Formiga com largura entorno de 10 a 50 metros ocupam 16 km²; 2,5 km² são áreas de proteção permanente no entorno de nascentes e 42 km² consideradas APP de topo de morro e linhas de cumeada.



Relatório de Dados

Tabela cruzada de areas (em Km²Km):

Plano-1 (nas linhas): Áreas da APP Estabilidade/Vulnerabilidade

Plano-2 (nas colunas): Áreas de APP e Uso

	app	conflitopec	conflitoagro
mod_est	22.7536	0.0000	0.0000
med_est_vuln	48.9896	21.7108	0.0000
mod_vul	0.0000	36.5836	1.0544
vul	0.0000	0.3184	0.1408

Buttons: Apagar, Fechar, Salvar, Ajuda

Figura 48 – Tabulação cruzada usos conflituosos e esta./vuln. de áreas de preservação permanente.

No entanto ao cruzar-se o PI Temático APP com o PI Temático Uso e Ocupação no ano de 2011, e com o PI Temático de Estabilidade/Vulnerabilidade da Bacia (**Figura 48** e **Gráfico 03**), observa-se que áreas de preservação permanente, remanescentes (aproximadamente 72 km²), estão preservadas e apresentando moderada estabilidade e média estabilidade/vulnerabilidade a processos erosivos e de degradação ambiental.

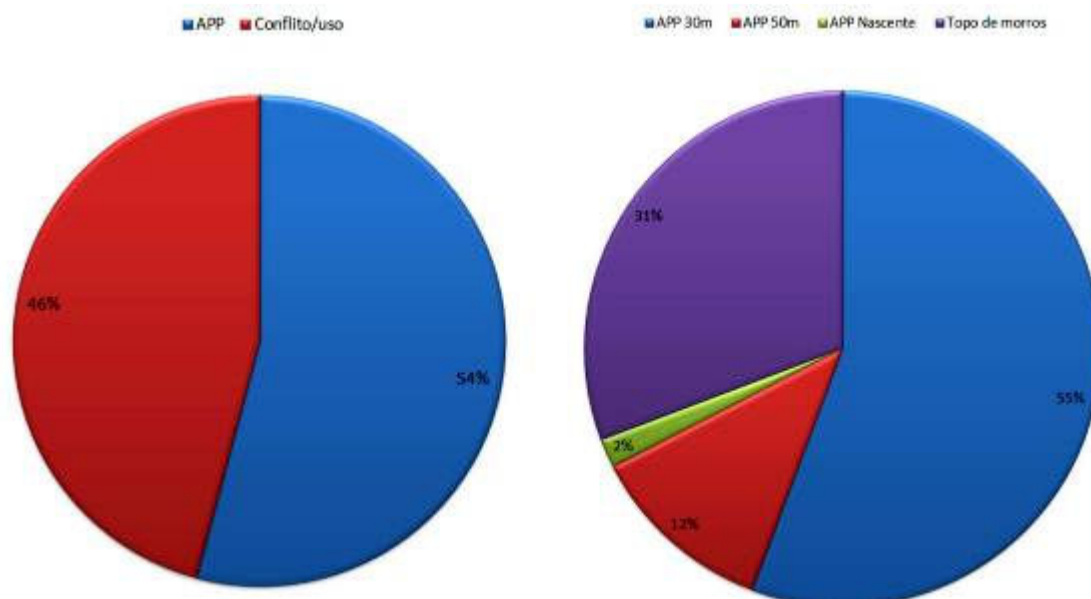
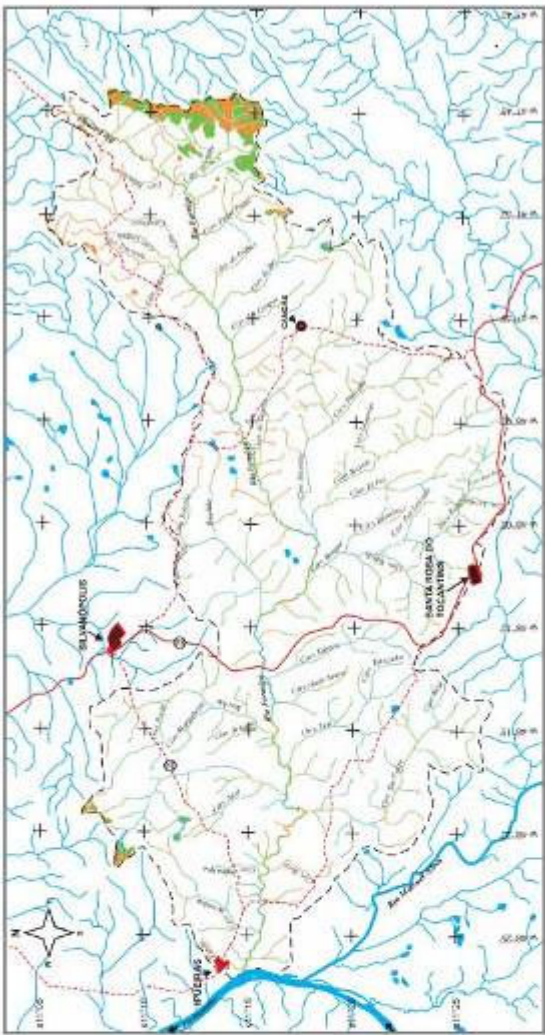
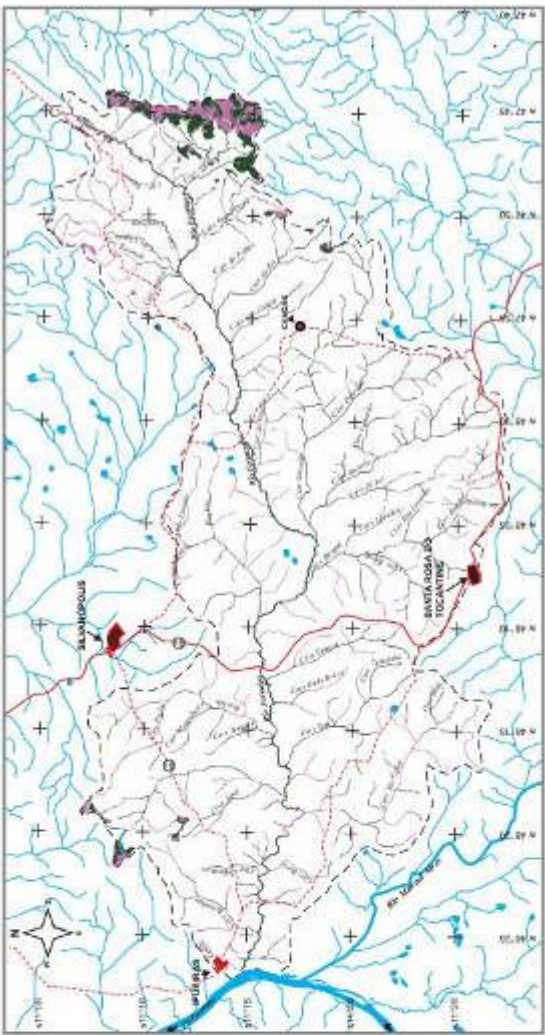


Gráfico 03 – Conflito de uso com áreas de preservação permanente

Outros 61 km² são caracterizados como áreas de conflito entre uso adotado e legislação ambiental. São áreas que deveriam ser preservadas, porém em 2011 são ocupadas pelas classes de uso e ocupação da terra denominada de pastagem (*conflitopec*: exploração pecuária de corte) e cultura temporária (*conflitoagro*: exploração agropecuária) e apresentam média estabilidade/vulnerabilidade a áreas vulneráveis. Observando os mapas produzidas sobre as unidades legais na bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO vê-se que a mata ciliar do Rio Formiga se apresentam em sua maior parte preservada, o maior problema quanto à supressão da vegetação está nas áreas de mata ciliares dos cursos afluentes a este rio.



USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMIGA



- LEGENDA**
- Área Urbana
 - Rodovia Estadual Pavimentada
 - Rodovia Estadual Sem Pavimentação
 - Lagoas
 - Curso D'água
 - Limite da Bacia
 - APP Moderadamente Estável
 - APP Med. Estável/Vulnerável
 - APP Moderadamente Vult.
 - APP Vulnerável



Área de Preservação Permanente - Topo de morro



Área de Preservação Permanente - Mata Ciliar baixo Curso Rio Formiga-TO

- APP Preservada
 - Confito APP/Possuía
 - Confito APP/Agriculture
- 0 5 10 km
ESCALA GRÁFICA

Figura 49 – Uso e ocupação da terra, est./vult. a processos erosivos em áreas de APP.

4.5. Zoneamento ambiental

Zonear significa desagregar o espaço em zonas ou áreas que delimitam algum tipo de especificidade ou alguns aspectos comuns, ou áreas com certa homogeneidade interna. Sua função é ordenar a diversidade de sistemas naturais, definindo a compartimentalização e comportamentos dessa diversidade, para que as diferentes ofertas da natureza deixem de ser estimadas como objetos imediatos de consumo e sejam valorizadas como expressões sensíveis de uma dinâmica, cuja compreensão condiciona a sustentabilidade do desenvolvimento (SÁNCHEZ & SILVA, 1995).

Para Zacharias (2010) o *zoneamento ambiental* é uma técnica, com estratégias metodológicas, representativa de uma etapa do planejamento e define espaços segundo critérios de agrupamentos preestabelecidos, os quais costumam expressar potencialidades, vocações, restrições, fragilidades, suscetibilidades, acertos e conflitos de um território, subsidiando o planejamento.

No Tocantins, conforme Dias & Mattos (2009), até o ano de 1996, o Zoneamento Ecológico Econômico instituído foi criticado por várias instituições do próprio governo estadual. No ano seguinte começaram a serem apresentados resultados mais visíveis à sociedade e o ZEE ganhou mais respeitabilidade e aceitação, passando a ser visto pelos segmentos de governo como uma base de informações sobre recursos naturais. Entretanto, o programa ZEE ainda não conseguiu ir além deste aspecto informativo, devido à incipiente vontade política governamental. Não produziu produtos de ZEE propriamente dito que abrangessem todo o estado, para a orientação da ocupação da terra com base em temas aplicados às demandas institucionais e sociais. O ZEE ainda não se consolidou como instrumento para favorecer o ordenamento territorial tocantinense, apesar de estar dentro da

estrutura da Secretaria do Planejamento do Estado do Tocantins (Seplan-TO), a responsável pela coordenação do planejamento estadual. Este fato justifica este procedimento de zoneamento para a bacia hidrográfica do Rio Formiga no Estado do Tocantins, que busca a identificação, caracterização, qualificação e “cartografiação” de seus elementos e, através de técnicas do geoprocessamento, integrá-las.

O processo de zoneamento ambiental conduz a um produto cartográfico que expressa o nível de conhecimento científico e tecnológico disponível para compreender e integrar as variáveis ecológicas e socioeconômicas e projetar o ambiente segundo suas reais potencialidades (SÁNCHEZ & SILVA, 1995).

O documento cartográfico resultante do zoneamento representa a base cartográfica necessária para o planejamento da sustentação ecológica, econômica e social. As intervenções estejam orientadas e reguladas estão em função da diversidade de potencialidades restrições ecológicas dos territórios. O zoneamento espacial de todas as potencialidades e restrições do meio natural e construído constitui um marco de referência estratégico para conceber e desenhar o ordenamento territorial (SÁNCHEZ & SILVA, 1995).

Os produtos cartográficos obtidos nas diferentes etapas de análise e diagnóstico nos possibilita a caracterização e o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. Nesta fase de **Zoneamento** se identifica as Unidades da Paisagem conforme a configuração atual. Aqui, o produto cartográfico final é fruto da integração de Unidades de Paisagem Natural (estável \leftrightarrow vulnerável), das Unidades de Paisagem Legal bem como dos Polígonos de Intervenção Antrópica.

As áreas identificadas na bacia hidrográfica do Rio Formiga são denominadas de ***Paisagem Produtiva Consolidada***, e apresentam-se áreas cujo uso produtivo é consolidado e/ou está em expansão, e que poderão ou são utilizadas para o desenvolvimento humano desde que estabeleçam práticas conforme a estabilidade/vulnerabilidade em relação aos processos de

morfogênese/pedogênese das cinco categorias encontradas: Paisagem Produtiva Consolidada Estável; Paisagem Produtiva Consolidada Moderadamente Estável; Paisagem Produtiva Consolidada Mediamente Estável/Vulnerável; Paisagem Produtiva Consolidada Moderadamente Vulnerável e Paisagem Produtiva Consolidada Vulnerável.

O cruzamento matricial utilizado leva em conta informações das *Unidades de Paisagem Natural* (**Figura 37**), do *uso e ocupação da terra* no ano de 2011 (**Figura 44**) e *áreas de preservação permanente* (**Figura 47**). Para o uso e ocupação da terra são ponderados valores de vulnerabilidade para cada classe temática de uso, sendo: pastagem – 2.8; Agropecuária – 3.0 e Floresta – 1.7. Estes valores são somados com valores de vulnerabilidade natural da paisagem e numa média simples possibilita o fatiamento em zonas produtivas e suas respectivas estabilidades/vulnerabilidades. Associa-se também a cada classe de estabilidade/vulnerabilidade às classes de declividade aqui entendida como fator limitante a ocupação antrópica, seguido de recomendações a ocupação antrópica proposta por Bertoni & Lombardi Neto (2008, pag. 227).

Ainda, consideram-se como *Paisagem crítica ambiental*, áreas de sensibilidade ambiental que apresentam discordância entre uso e estabilidade/vulnerabilidade, e são enquadradas como áreas de preservação permanente. A **Tabela 18** apresenta os critérios levados em consideração para o zoneamento, os procedimentos descritos são esquematizados na **Figura 50** e o produto cartográfico do zoneamento na **Figura 51**.

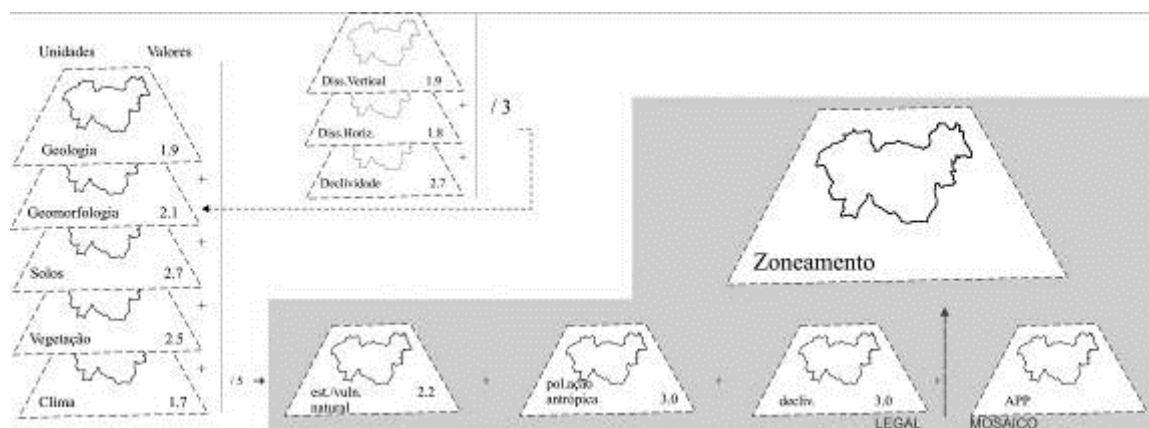


Figura 50 – Cruzamentos realizados para o Zoneamento Ambiental através da LEGAL

Tabela 18 – Critérios adotados para o Zoneamento Ambiental

ZONA	CLASSE/ÁREA OCUPADA	FATOR RESTRITIVO
<i>Paisagem Crítica Ambiental</i>	APP 30 m. curso d'água 74,44 km ² total Conflito culturas temp. 1,03 km ² Conflito pastagem – 36,11 km ²	Impedimento Legal
	APP 50 m. curso d'água 15,36 km ² total Conflito pastagem - 2,53 km ²	
	APP 50 m. nascentes 2,37 km ² Conflito pastagem - 1,7 km ²	
	APP topo de morro/cumeada 39,55 km ² Conflito pastagem – 18,36 km ²	
<i>Paisagem Produtiva Consolidada</i>	Estável 113,78 km ²	Predomínio de declividade inferior a 2%. Paisagem Natural Estável.
	Moderadamente Estável 1.171,73 km ²	Declividade inferior a 6%. Paisagem Natural Moderadamente Estável.
	Mediamente Estável/vulnerável 362,80 km ²	Intervalo de declividade entre 6 e 20%. Paisagem Natural Mediamente Estável/Vulnerável.
	Moderadamente Vulnerável 21,90 km ²	Intervalo de declividade entre 20 e 50%. Paisagem Natural Moderadamente Vulnerável.
	Vulnerável	Declividade > 50%. Paisagem Natural Vulnerável.

ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMIGA

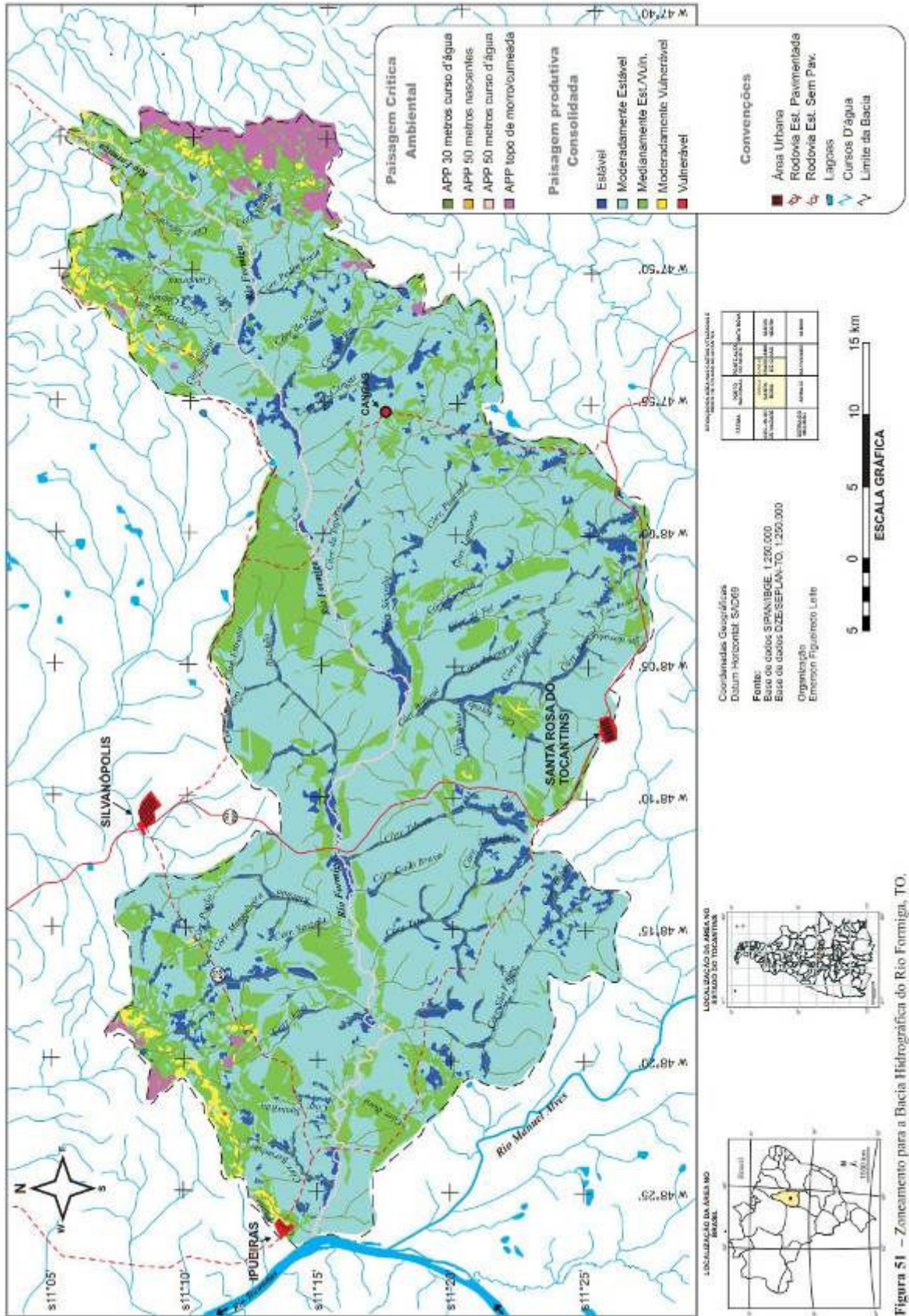


Figura S1 – Zoneamento para a Bacia Hidrográfica do Rio Formiga, TO.

Um cruzamento matricial é utilizado e leva em conta informações das Unidades de Paisagem Natural (**Figura 37**), do uso e ocupação da terra no ano de 2011 (**Figura 43**) e áreas de preservação permanente (**Figura 46**) e numa média simples possibilita o fatiamento em zonas produtivas e suas respectivas estabilidades/vulnerabilidades.

As áreas de *Paisagem Crítica Ambiental* seguem, conforme já explicado, os preceitos legais preconizados pelo Código Florestal (Brasil, 1965), Conama nº303 (Brasil, 2002) que legitimam a manutenção de áreas de preservação permanente como matas ciliares (**Figura 52**) e áreas consideradas topos de morros. Estas áreas tem impedimento legal a ocupação antrópica. Conforme detectado, áreas de APP com usos são incompatíveis e devem ser recuperadas e destinadas a preservação.

A partir destes parâmetros e cruzamentos, para a bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO, apresenta-se o zoneamento ambiental alcançado, com zonas caracterizadas como *Paisagem Produtiva Consolidada Estável*. São áreas que, por suas características naturais, conforme Tricart (1977) apresentam cobertura vegetal suficiente para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese. Apresentam ainda dissecação moderada, sem incisão forte dos cursos d'água e vertentes de lenta evolução.



Figura 52 – Mata ciliar e bancos de areia à margem direita no médio curso do Rio Formiga (Foto do autor, nov./2010)

Se há utilização antrópica, estas áreas mantêm remanescentes florestais que continuam cumprindo o seu papel estabilizador da paisagem, como por exemplo, casos em que a exploração pecuária utiliza áreas florestadas para a criação de bovinos no sistema extensivo, são áreas não modificadas ou debilmente modificadas. Ocupam 113,78 km² de área na bacia, tendo sua ocorrência associada aos vales florestados ao longo dos canais fluviais, envolvendo áreas de mata ciliar preservadas.

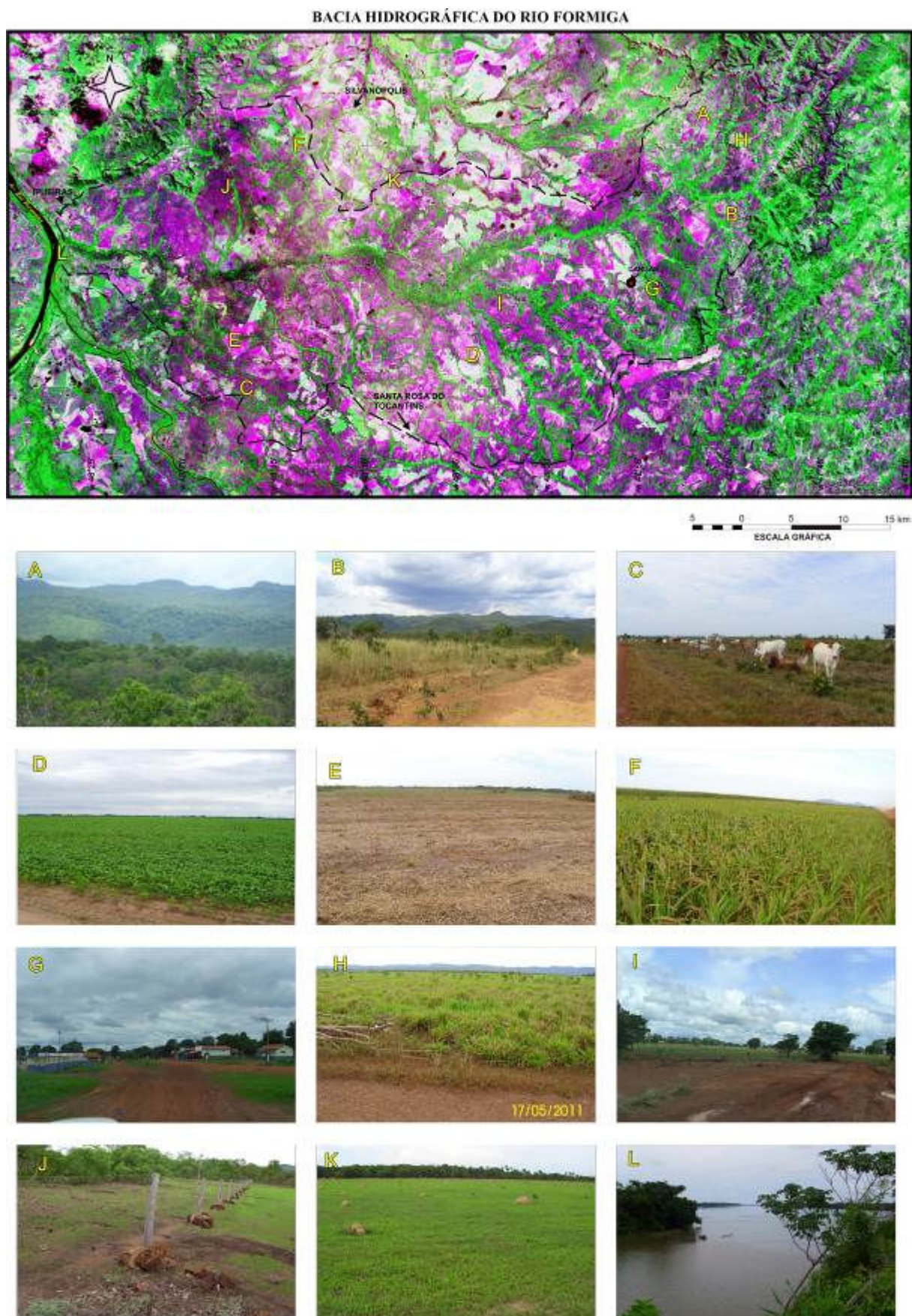


Figura 53 – Paisagens predominantes da bacia hidrográfica do Rio Formiga.

Figura 53 – (A) Na porção leste/nordeste da bacia, áreas com vegetação preservada em morros e morrotes com topos tabulares e vales em "U" aberto (primeiro plano), topos arredondados com vales em "V"; a esquerda topo desmatado e manutenção de vegetação rasteira (segundo plano); planalto dissecado do Tocantins com topos tabulares (ao fundo). (B) Também na porção leste da bacia, em primeiro plano extensa vertente retilínea e, ao fundo, segundo plano, morros, morrotes e colinas na transição depressão/planalto do Tocantins, com predomínio de vegetação nativa e uso antrópico pela prática da pecuária. Presença de erosão em sulcos acompanhando o desenho das estradas vicinais. (C) Polígono de intervenção antrópica com pastagem às margens da estrada vicinal Ipueiras/Santa Rosa do Tocantins; porção sudoeste da bacia; relevo plano da depressão do Tocantins com declives menores que 2%. (D) No centro/sul da bacia, culturas temporárias (soja) em relevo plano da depressão do Tocantins; solos da classe latossolos. (E) A noroeste, área com superfície plana recém trabalhada (plantio direto de cultura temporária - soja); (F) Milheto (cultura temporária) às margens da estrada vicinal Silvanópolis/Ipueiras, limite noroeste da bacia, relevos planos, depressão do Tocantins; latossolo; (G) Cangas, distrito de Santa Rosa do Tocantins; (H) Área de pastagem situada a nordeste da bacia; ao fundo planalto dissecado do Tocantins. (I) Pastagem com árvores esparsas na porção central da bacia; (J) Afloramento de rochas localizado na porção oeste da bacia, exigindo adaptações para a implantação das cercas ns invernadas (cimento e pedra canga). (K) Pastagem com presença de cupinzeiros; relevo plano; (L) Foz do Rio Formiga no Rio Tocantins próximo a cidade de Ipueiras-TO.

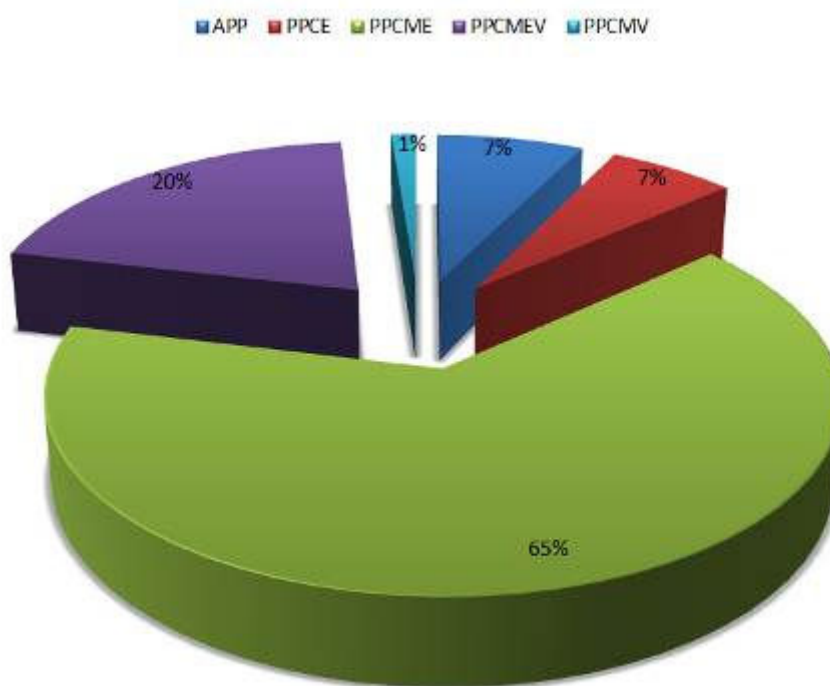


Gráfico 04 – Zoneamento ambiental: proporção das áreas na bacia. APP – Áreas de Preservação Permanente. PPCE – Paisagem Produtiva Consolidada Estável. PPCME – Paisagem Produtiva Consolidada Moderadamente Estável. PPCMEV - Paisagem Produtiva Consolidada Moderadamente Estável/Vulnerável. PPCMV - Paisagem Produtiva Consolidada Moderadamente Vulnerável.

Apresentam áreas da depressão do Tocantins com declives inferiores a 2%, e quando ocupadas permitem a utilização de maquinários para aração em todas as direções e sentidos. Porém, não dispensa práticas simples de conservação, como plantio direto, calagem e adubação.

As áreas de *Paisagem Produtiva Consolidada de Moderada estabilidade* a alterações ambientais e aos processos erosivos correspondem a um total de 1.171,73 km². Correspondem a 69% da área da bacia hidrográfica do Rio Formiga e compreendem áreas de uso agropecuário somados à remanescentes florestais, como já supracitado, mantido nas práticas da pecuária local.

Os declives são inferiores a 6%, apresentando terrenos de planos a suave-ondulados, necessitando, além da atenção dada a zona anterior, de serem trabalhados em curvas de nível por tratores de rodas. São representadas em sua maioria por áreas da Depressão do Tocantins tendo como uso antrópico predominante de pastagens (73%), mas apresentando áreas de culturas temporárias (9%) e remanescentes florestais (17%).

Áreas da zona denominada *Paisagem Produtiva Consolidada Medianamente Estável/Vulnerável* representam 362,80 km² da área da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. Correspondem áreas de todas as formações geomorfológicas da bacia, da Depressão do Tocantins, as Planícies Fluviais, e em menor proporção áreas da Serra João Damião e Planalto Dissecado do Tocantins, com relevos planos a fortemente ondulados, e declives que variam de menores que 2% a maiores que 50%, garantindo a esta zona esta característica de media estabilidade/vulnerabilidade. Em maior proporção o uso desta área é por práticas de pecuária extensiva, seguido de remanescentes florestais e culturas temporárias. Recomenda-se à ocupação antrópica, quanto à locação de suas atividades, a implantação de curvas de nível e a utilização de máquinas simples de tração animal ou, em certos limites, por tratores de esteiras. Também, para casos em que os declives são superiores a 45%, não podendo ser trabalhados

mecanicamente, nem mesmo pelas máquinas simples de tração animal, somente são recomendados trabalhos com instrumentos e ferramentas manuais. Os solos, quando apresentarem horizonte plântico, necessitam de cuidados especiais para quebrarem as concreções ferruginosas e possibilitarem a percolação da água e conseqüentemente o cultivo de pastagens e culturas temporárias. Nestas áreas, necessitam práticas intensivas mecanizadas de controle a erosão.

Paisagem Produtiva Consolidada Moderadamente Vulnerável ocupam apenas 22 km² da área da bacia, representam apenas 1% da área total. São áreas com declives acentuados, acima de 20%, que são utilizadas como áreas de pastagem para o gado. Podem ser trabalhados mecanicamente apenas em curvas de nível e por máquinas simples de tração animal ou, em certos limites, por tratores de esteiras; exigindo também, práticas intensivas mecanizadas de controle a erosão.

Para casos onde os declives são muito fortes, superiores a 45%, não mais podendo ser trabalhados mecanicamente, nem mesmo pelas máquinas simples de tração animal; somente trabalháveis com instrumentos e ferramentas manuais. As áreas desta classe abrangem afloramentos rochosos quando na Depressão do Tocantins e encostas acidentadas nas proximidades da Serra João Damião e Planalto Dissecado do Tocantins.

Não foram zoneadas áreas de *Paisagem Produtiva Consolidada Vulnerável* para a bacia hidrográfica do Rio Formiga. Estas áreas se configuram por uma incompatibilidade entre polígonos de ação antrópica e estabilidade/vulnerabilidade natural da bacia.

5.0. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidentemente o sistema bacia hidrográfica se apresenta complexo em sua dinâmica e configuração e na atualidade recebe, a partir das interferências antrópicas, novos fluxos de energia, matéria e informação. A análise, diagnóstico e zoneamento ambiental das paisagens do Rio Formiga, através da integração de seus elementos geoambientais e antrópicos, são de suma importância para ao entendimento e posterior utilização dos recursos naturais desta bacia. Identifica-se e mapeiam-se estes elementos e investiga a estabilidade e vulnerabilidade da bacia a partir do banco de dados geográfico estabelecido. A escala adotada neste trabalho levou em consideração os materiais disponibilizados em 1: 250.000.

Foi possível reconhecer na área proposta de estudo mudanças/evoluções no espaço e no tempo quanto ao uso/ocupação e cobertura da terra utilizando técnicas do sensoriamento remoto. Há uma nítida ocupação antrópica com implantação de pastagens e de culturas temporárias. Também verificou-se que há uma sensível recuperação florestal natural por conta do abandono ou de práticas rudimentares da pecuária, onde o gado é criado sem o plantio de pastagens, aproveitando apenas a vegetação natural.

As bacias hidrográficas são, de fato, unidades ambientais de análise que possibilitam uma visão holística e sistêmica. Podem ser entendidas a partir da categoria de análise Paisagem. Porém, vale ressaltar que as atividades humanas não respeitam os seus limites físicos, instituindo outras unidades de estudo. Os elementos que caracterizam a estrutura e engendram os processos na paisagem da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO apresentam restrições e/ou potencialidades à ocupação antrópica e através da metodologia proposta foram determinados conforme sua estabilidade e/ou vulnerabilidade ambiental.

As técnicas de análise propostas pelo Geoprocessamento através de um amplo leque de novas geotecnologias – imagens de satélite, receptores GPS, softwares – , nos auxiliam no entendimento da paisagem a partir da composição de um banco de dados geográficos georreferenciados, nos possibilitando identificar, mensurar e qualificar os elementos que constituem a paisagem. Proporcionam agilidade na análise, quando comparado com técnicas tradicionais da cartografia, e uma acurácia melhor na análise e nos mapas.

Os estudos ambientais em áreas de Cerrado já alertados por Baccaro (2005), merecem atenção de pesquisadores, de órgãos públicos e dos órgãos de fomento à pesquisa, para se determinar o grau de fragilidade desse geoambiente nas diversas escalas temporais e espaciais, entre estas, a bacia hidrográfica como unidade de estudo e pesquisa.

Diante do cenário encontrado, a manutenção das condições naturais para a utilização pressupõe a manutenção das reservas legais e das áreas de preservação permanente, bem como a recuperação das áreas desmatadas que se encontram enquadradas nesta categoria e são preconizadas pela legislação vigente e que atualmente são incorporadas como áreas produtivas na bacia; Ainda, adoção de técnicas de cultivo que obedeçam os limites naturais destas paisagens. A moderada estabilidade ambiental que predomina bacia está associada a sua baixa amplitude altimétrica, a presença de relevos planos e adoção de uma pecuária que tem mantido a vegetação primária. Áreas com moderada vulnerabilidade são em menor proporção e compreendem áreas de transição depressão ao planalto do Tocantins bem como serras João Damião, por apresentarem, principalmente índices de declividade acima de 30% e relevo de ondulado a fortemente ondulado.

O zoneamento ambiental realizado a partir de seus mapas e textos sínteses da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO, classificou as paisagens em diferentes níveis de estabilidade e vulnerabilidade ambiental. São mapas e informações essenciais para um ordenamento da área visando uma ocupação racional e preservação dos espaços.

6.0. BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, Aziz Nacib. *Formas de relevo/Texto Básico*. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências – FUNBEC-USP. 1977. p. 13-21.

AB'SABER, Aziz Nacib. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 pag.

ALMEIDA, Cláudia Maria de; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel V.; *Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

ANDRADE, Flavio Simas de; *Uso de Sistemas de Informação Geográfica na identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no Distrito Federal*. [Mestrado] Brasília: UnB, 1999.

ANDREOZZI, Sylvio Luiz & VIADANA, Adler Guilherme. *A bacia hidrográfica como unidade espacial de análise*. I Congresso Brasileiro de Organização do Espaço e X Seminário de Pós-Graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro. De 05 a 07 de Outubro de 2010. Rio Claro - SP.

ANDREOZZI, Sylvio Luiz. *Planejamento e gestão de Bacias Hidrográficas: Uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica*. Tese (Doutorado em Geografia) Rio Claro, UNESP, 2005. 161p.

ASSAD, Eduardo Delgado; ÁVILA, Clayton Jacques Cardoso Pinheiro; EID, Nabil Joseph; FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de; SOARES, Wougran; VERDÉSIO, Juan José. *Geoprocessamento da Informação Hidrológica*. ANEEL: www.aneel.gov.br, acesso em 2001.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. *Sistema de Informações Geográficas., Aplicações na Agricultura*. 2ª Edição. Brasília: EMBRAPA-SGI/EMBRAPA-CPAC, 1998. 434p.

AVELINO, Patrícia Helena Mirandola. *A trajetória da tecnologia de sistemas de informação geográfica (SIG) na pesquisa geográfica*. Revista AGB/TL, Três Lagoas-MS , v.1, N.º 1, ANO 1 - Novembro 2004.

BACCARO, Claudete Aparecida Dallevedove. *Processos Erosivos no Domínio do Cerrado*. In.: GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares; BOTELHO, Rosangela

Garrido Machado. *Erosão e conservação dos solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. 2a. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. Pag. 194-227.

BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. *Diagnóstico ambiental de erosão laminar: modelo geotecnológico e aplicação*. Brasília: Universa, 2003. 140 pag.

BATISTA, Getulio Teixeira & DIAS, Nelson Wellausen. Introdução ao Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005-04-02 (INPE ePrint sid.inpe.br/ePrint@80/2005/04.01.14.06)

BELTRAME, Ângela da Veiga. *Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas. Modelo e Aplicação*. Florianópolis: Editora da UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. 1994. 112p.

BENLLOCH, Paloma Ibarra. *Una Propuesta metodológica para el estudio del paisaje integrado*. Geographica (1993), 30, 229-242.

BENSON, John F. & ROE, Maggie. *Landscape and sustainability*. Taylor & Francis e-Library, 2007.

BERTALANFFY, Ludwig von. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Editora Vozes Ltda. 1973.

BERTOLDO, João. *O novo sistema brasileiro de classificação de solos*. O Agrônomo, Campinas, 53(1), 2001. Pag. 8-10.

BERTRAND, G. *Paisagem e geografia física global: esboço metodológico*. In: Cadernos de Ciências da Terra. São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1972

BERTRAND, Georges & BERTRAND, Claude. *Uma Geografia transversal e de travessias: O meio ambiente através dos territórios e das temporalidades*. Messias Modesto dos Passos (Org.). Maringá: Ed. Massoni, 2007. 332.:il.

BLUM, M. L. B. *Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil Central e sua aplicação à geologia regional e à prospecção mineral*. Tese de Doutorado 30, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 229 pg. (1999) Publicado na Internet no endereço <http://www.unb.br/ig/posg/dout/tese030/> disponível em 14/06/2008

BOLÓS I CAPDEVILA, Maria de; BOVET PLA, Maria del Tura; GARCÍA, Xavier Estruch; VILA, Rosalina Pena i; VILÁS, Jordi Ribas & INSA, Jordi Soler. *Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones*. Barcelona, España: Masson, S.A., 1992, 273 pag.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado & SILVA, Antônio Soares da. *Bacia hidrográfica e qualidade ambiental*. In.: VITTE, Antônio Carlos; GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. pag. 153 - 192.

BRANCO, S. M. *Ecossistêmica - Uma abordagem integrada dos problemas do Meio Ambiente*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

BRASIL, Código Florestal, Lei 4.771/1965. Institui o Código Florestal.

BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, Publicada no DOU no 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1, página 68.

BRASIL. Decreto nº 94.076, de 05 de março de 1987. *Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas, e dá outras providências*. Disponível em www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=131009. Acessado em 2010.

BURROUGH, Peter A. & MCDONNELL, Rachael A.; *Principles of Geographical Information Systems. Spatial Information Systems and Geostatistics*. Oxford University Press: New York, 1998. pag. 01 a 34.

BY, Rolf A. de (ed.). *Principles of Geographic Information Systems*. Netherlands: The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), 2001. 490 pag.

CÂMARA *et all*. *Análise Espacial e Geoprocessamento*. In.: Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) “*Análise Espacial de Dados Geográficos*”. Brasília, EMBRAPA, 2004.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. *Princípios Básicos em Geoprocessamento*. In.: Assad, E. D.; Sano, E. E. *Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura*. Brasília, Embrapa: 1998a. Pag. 03-11.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São José dos Campos, INPE. 1998b.

CÂMARA, G. *Representação computacional de dados geográficos*. In.: Casanova, Marco; Câmara, Gilberto; Davis, Clodoveu; Vinhas, Lúbia; Queiroz, Gilberto Ribeiro de. *Banco de Dados Geográficos*. <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html>. Acessado em Fev. de 2006.

CÂMARA, G; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. “Spring: Integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling”. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLY, Andrea S.; MAGALHÃES, Geovane C.; MEDEIROS, Claudia M. B. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)*. Curitiba: Sagres, 1997. 190p.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. *Introdução a Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: DPI/INPE, www.dpi.inpe.br acessado em 2000.

CÂMARA, Gilberto; DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá e MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; *Análise Espacial de Dados Geográficos*. São José dos Campos: DPI/INPE, www.dpi.inpe.br acessado em 2002.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeas de; *Representações computacionais do espaço: Um diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: DPI/INPE, www.dpi.inpe.br acessado em 2002.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. *Sistemas de Informação Geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral*. São José dos Campos: DPI/INPE, www.dpi.inpe.br acessado em 2002.

CASANOVA, Marco; CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; VINHAS, Lúbia; QUEIROZ, Gilberto Ribeiro de. *Banco de Dados Geográficos*. <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html>. Acessado em Fev. de 2006.

CCRS, A Canada Centre for Remote Sensing. Remote Sensing Tutorial. *Fundamentals of Remote Sensing*. (2004).

CHORLEY, Richard J. & HAGGETT, Peter. *Modelos integrados em geografia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1974.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Análise de Sistemas em Geografia*. São Paulo: Hucitec – Editora da Universidade de São Paulo, 1979. 106 pag.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Aspectos da análise sistêmica em Geografia*. Geografia, 3(6); 1-31, outubro 1978. Pag. 1-30.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313 pag.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª ed., 1980. 190 pag.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 pag.

CLARKE, Keith C. *Getting Started with Geographic Information Systems*. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008* – 2. ed. / Conselho Nacional do Meio Ambiente. – Brasília: Conama, 2008. 928 pag.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de; AZEVEDO, Luiz Guimarães de; HERNANDEZ FILHO, Pedro; FLORENZANO, Teresa Gallotti; DUARTE, Valdete; *Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico*. INPE, São José dos Campos, 1996, 20 pag.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simeão de; HERNANDEZ FILHO, Pedro; FLORENZANO, Teresa Gallotti; DUARTE, Valdete; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. INPE, São José dos Campos, 2001, 103 pag.

CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da. *Quantificação e mapeamento das perdas de solo por erosão com base na malha fundiária*. [mestrado]. Rio Claro: UNESP, 1997. p. 31-48.

DIAS, Jailton. *As potencialidades paisagísticas de uma região cárstica: o exemplo de Bonito/MS*. [Dissertação de Mestrado] Presidente Prudente: UNESP/FCT, 1998. Disponível em <http://jailton.tripod.com/dissertacao.html> e acessado em julho de 2010.

DIAS, Janise & SANTOS, Leonardo. *A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural*, Confins, Número 1 / Numéro 1, 2º semestre 2007 / 2e semestre 2007, [En ligne], mis en ligne le 11 juin 2007. URL : <http://confins.revues.org/document10.html>. Consulté le 11 juillet 2008.

DIAS, Ricardo Ribeiro & MATTOS, Juércio Tavares de. *Zoneamento ecológico-econômico no Tocantins: comparação de resultados usando um mesmo método em diferentes datas*. Revista Brasileira de Cartografia N°. 61/04, 2009. pag. 351 – 365.

DOLFUSS, Olivier. *O espaço geográfico*. São Paulo: Difel/Difusão Editorial S.A., 1978. 121p.

DREW, David. *Processos interativos homem-meio ambiente*. 6^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds). *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília, EMBRAPA, 2004.

DUQUE, Renato Câmara & MENDES, Catarina Lutero. O planejamento turístico e a cartografia. Campinas-SP: Editora Alínea, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Monitoramento por Satélite. <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/index.html> acessado em 2007.

ENGESAT - IMAGENS DE SATÉLITES, www.engesat.com.br acessado 2001 e 2002.

EPIPHINIO, José Carlos Neves; NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes & MACHADO, Luiz Augusto Toledo. *Espaço*. Série Sustentabilidade, v.8. São Paulo: Blucher, 2010.

ESPÍNDOLA, Evaldo L. G.; SILVA, João S. V.; MARINELLI, Carlos E.; ABDON, Myriam M.. *A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar*. São Carlos: Rima Editora, 2000. 188p.

ESPINO, Emma Pérez-Chacón. *Unidades de paisaje: aproximación científica y aplicaciones*. Actas de Ponencias del III Congreso de Ciencia del Paisaje, 1999.

FELGUEIRAS, Carlos Alberto. *A tecnologia Spring, breve histórico, status atual e evolução*. Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro, 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.811-824.

FERRARI, Roberto. *Viagem ao SIG. Planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica*. Curitiba: Sagres, 1997.

FISHER, Peter; UNWIN, David. *Re-Presenting GIS*. Chichester: Wiley, 2005. 305 pag.

FITZ, Paulo Roberto. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 pag.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. *Imagens de satélites para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

GALATI, Stephen R. *Geographic Information Systems Demystified*. Boston-London/USA: Artec House, 2006. 297 pag.

GARCIA, Gilberto José. *Sensoriamento Remoto: Princípios e Interpretação de Imagens*. São Paulo: Nobel, 1982. 357p.

GÓES, Ádilson M. O.; FEIJÓ, Flávio J. *Bacia do Parnaíba*. B. Geoci. Petrobrás, Rio de Janeiro, 8 (1):57-67, jan./mar. 1994.

GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, Fernando. *Ecología y paisaje*. Madrid: Blume, 1981, 250 pg.

GORAYEB, Paulo Sérgio de Sousa; COSTA, João Batista Sena; LEMOS, Ronaldo Lima; GAMA JR, Theodomiro; BEMERGUY, Ruth Léa; HASUI, Yociteru. *O pré-cambriano da região de natalidade, GO*. Revista Brasileira de Geociências. 18(4):391-397, dezembro de 1988.

GUERRA, Antônio José Teixeira. *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1987. 446p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da; *Avaliação e pericia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da; *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 388p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Batista da; *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 372p.

GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado (Orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340p.

HARRIS, Ray. *Satellite Remote Sensing. An Introduction*. Routledge & Kegan Paul: London and New York, 1987. 220 pg.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.dem.inpe.br/cbers1> acessado em junho de 2007.

JENSEN, John R. *Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective*. 2007

JOLY, Fernand. *A Cartografia*. Campinas-SP: Papirus, 1990.

JULIÃO, Rui Pedro *et al.* (coord.). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Autoridade Nacional de Protecção Civil: Setembro, 2009, 93 pag.

KEMP, Karen K.; *Encyclopedia of geographic information science*. California-USA: SAGE Publications, Inc. 2008. 582 pag.

LEITE, Emerson Figueiredo. *Utilização do Geoprocessamento na análise ambiental por diagnóstico físico-conservacionista: estudo de caso na microbacia hidrográfica do Córrego Vilas Boas, Miranda-MS*. UFMS [Dissertação de Mestrado], 2007, 140 pag.

LILLESAND, Thomas M.; KIEFER, Ralph W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: Jhon Wiley & Sons, 1987.

LIMA, Ludimilla Portela Zambaldi; LOUZADA, Júlio Neil Cassa. *Estratégia para conservação do complexo da Serra de Carrancas - MG: proposição de unidades de conservação utilizando ferramentas SIG*. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG, 2 pag.

LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. *Geographical Information Systems and Science*. 2nd. Edition. Hoboken, NJ-USA: John Wiley & Sons Inc., 2005. 537 pag.

LOPES, Eymar Silva Sampaio. *Curso GIS – Conceitos, aplicações e tendências*. São Paulo: GEOBRASIL, maio de 2002.

MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F. & RHIND, D. W. *Geographical information systems: principles and applications*. Longman Scientific & Technical: London/UK, 1992. 649p.

MARCHETTI, Delmar Antônio Bandeira; GARCIA, Gilberto J. *Princípios de fotogrametria e fotointerpretação*. São Paulo: Nobel, 1977. 257p.

MARK, David. M. *Geographic Information Science: Defining the Field*. In.: DUCKHAM, Matt; GOODCHILD; Michael F.; and WORBOYS, Michael F. *Foundations of Geographic Information Science*. London and New York/USA: Taylor & Francis, 2003. 252 pag.

MATIAS, Lindon Fonseca. *Sistema de Informações Geográficas (SIG): Ainda a questão de método*. Geosp on line, num. 13, 2003, in: www.geografia.ffe.usp.br/publicacoes/Geosp/Geosp13/Geosp13_Lindon_Matias.htm

MATOS, João. *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5ª Edição Actualizada e Aumentada. Lisboa, Porto – Portugal: Lidel, 2008.

MELO, Lúcia Carvalho Pinto de; SILVA, Cylon Gonçalves da. *Ciência, tecnologia e inovação: Desafio para a sociedade brasileira*. Livro Verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia/Academia Brasileira de Ciências, 2001. p. 155-184.

MENDONÇA, Francisco & SANTOS, Leonardo Jose Cordeiro. *Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas - uma abordagem geográfica*. Geografia, Rio Claro, v. 31, n.1, p. 103-117, jan./abr. 2006.

MENDONÇA, Francisco de Assis. *Geografia e Meio Ambiente*. São Paulo: Contexto, 1993. 82p.

MENDONÇA, Francisco. *Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica. Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental*. Anais do IV Encuentro de Geógrafos de América Latina, Mérida/Venezuela, 1993a.

MENDONÇA, Francisco. *Geografia Física: Ciência Humana?* São Paulo: Contexto, 1989. 101p.

MENDONÇA, Francisco. *Geografia Socioambiental*. São Paulo: Terra Livre, n.16, 1º semestre/2001, pag. 113-132.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 15 jun. 2009.

MIRANDA, Evaristo de Miranda & BOGNOLA, Itamar Antonio. *Zoneamento Agroecológico do Estado do Tocantins*. Campinas, Maio de 1999. Disponível em <http://www.zaeto.cnpm.embrapa.br>.

MIRANDA, José Iguelmar. *Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas*. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425 pag.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. *Geossistemas: a história de uma procura*. São Paulo: Contexto, 2001. 128p.

MORAIS, Andréa Castro de; SANTOS, Alexandre Rosa dos. *Geomática & Análise Ambiental: aplicações práticas*. Vitória-ES: EDUFES, 2007.

MOREIRA, Maurício Alves. Fundamentos de Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

MOURA, Ana Clara Mourão. *Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano e à gestão do patrimônio histórico de Ouro Preto-MG*. Rio de Janeiro: UFRJ/IGEO, 2002. 482 pag.

MOURA, Ana Clara Mourão. *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. 2ª ed. Belo Horizonte: Ed. Da autora, 2005. 294 pag.

MOURA, Ana Clara Mourão. *Globalização e metodologias no uso do Geoprocessamento: estudo de casos de diferentes abordagens de análises espaciais*. In. Anais do Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro, 1997.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues do; SAMPAIO, José Levi Furtado Sampaio. *Geografia Física, Geossistema e Estudos Integrados da Paisagem*. Revista da Casa da Geografia de Sobral, v.6/7, n.1, p. 167-179, 2005/2005.

NIMER, Edmon. *Espaço geográfico: classificação e divisão. Um método e uma abordagem conceitual*. Rev. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 45 (1), pag. 03-109, jan./marc. 1983.

NOVO, Evlyn Márcia L. de Moraes. *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

OBERMEYER, Nancy J.; PINTO, Jeffrey K. *Managing geographic information systems*. 2nd ed. New York/USA: The Guilford Press, 2008. 368 pag.

ODM. Acompanhamento Municipal dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Relatórios Dinâmicos de Indicadores Municipais. Acesso em 12 de outubro de 2011, site www.portalodm.com.br.

OLIVEIRA, Manoel Carlos de. *Paisagem, meio ambiente e planejamento*. Ver. IG, São Paulo, 4 (1/2): 67-78; jan./dez., 1983.

ORELLANA, Margarida M. Penteado. *Metodologia integrada no estudo do meio ambiente*. Geografia, 10 (20) 125-148, outubro 1985.

PASSOS, Messias Modesto dos. *Biogeografia e paisagem*. 2ª Ed. Maringá: 2003, 264 p.

PASSOS, Messias Modesto dos. *O GTP: Geossistema-Território-Paisagem-Um novo paradigma?* In.: V Seminário Latino-Americano. I Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Santa Maria-RS, 2008, pag. 105-123.

PEDROTTI, Franco; MARTINELLI, Marcelo. *A cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas*. Revista do Departamento de Geografia-USP, 14 (2001) 39-46.

PENTEADO, Margarida Maria. *Fundamentos de Geomorfologia*, 3º ed. Rio de Janeiro, IBGE, 1980.

PINTO, André Luiz. *Disciplina de Planejamento e gestão de bacias hidrográficas*. Programa de Mestrado em Geografia – UFMS, Aquidauana, 2006.

PINTO, Paulo Henrique Pereira; SILVA, Aion Angelu Ferraz; SOUZA, Lucas Barbosa e. *Índice de participação dos sistemas atmosféricos e gênese pluvial de primavera-verão em Porto Nacional-TO*. IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Climatologia e Gestão do Território. De 26 a 30 de setembro de 2010.

PINTO-CORREIA, T.; D'ABREU, A. C.; OLIVEIRA, R. *Identificação de unidades de paisagem: Metodologia aplicada a Portugal Continental*. Finisterra, XXXVI, 72, 2001, pp. 195-206.

PROCHNOW, Myriam Cecília R. *Recursos Hidricos e Metodologia de pesquisa*. Geografia, 10 (19): 197-202, abril 1985.

RAMALHO FILHO, Antônio. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 65 pag.

REIS JÚNIOR, Dante Flávio da Costa. *Há quem pense, paisagens são máquinas térmicas e têm pulsões de morte*. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada-USP, 05 a 09 setembro de 2005, pag. 1610-1615.

RIBEIRO, José Felipe. *Cerrado: Matas de Galeria*. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 164 pag.

ROCHA, César Henrique Barra. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220 pag.

ROCHA, J. S. M. da; KURTZ, S. M. J. M. *Manejo integrado de bacias hidrográficas*. 4. ed. Santa Maria: UFSM, 2001. 302 p.

RODRIGUES, Cleide & ADAMI, Samuel. *Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas*. In.: VENTURI, Luiz Antônio Bittar. *Praticando Geografia. Técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

RODRIGUES, Cleide. *A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais*. Revista do Departamento de Geografia, 14 (2001), São Paulo-USP, pag. 69-77.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente; CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. *Geoecologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise da ambiental*. 2º Edição. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 222 pg.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo. SILVA, Edson Vicente da. *A Classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica*. Mercator – Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, 2002.

ROSA, Roberto & BRITO, Jorge L. S. *Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica*. Uberlândia, 1996. 104 pag.

ROSA, Roberto. *O uso de SIGs para o zoneamento: uma abordagem metodológica*. [Tese] São Paulo: USP, 1995.

ROSA, Roberto. *Introdução ao sensoriamento remoto*. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Os fundamentos da Geografia da Natureza. In. ROSS, Jurandyr Luciano Sanches (org). *Geografia do Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. Pag. 11 – 66.

SALES, Vanda de Claudino. *Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica*. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 16, pp. 125 - 141, 2004.

SÁNCHEZ, Roberto O.; SILVA, Teresa Cardoso da. *Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem*. Cad. Geociências. Rio de Janeiro, n. 14:47-53, abr. /jun. 1995.

SANTANA, Helena Maria de Paula; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho; CORRÊA, Rodrigo Studart; GOMES, Carlos Sérgio; CAMPOS, Patrícia Maurício. ***Espacialização das propriedades rurais licenciadas no estado do Tocantins em três ambientes distintos em relação ao percentual destinado à reserva legal***. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4327-4332.

SANTOS, Rosely Ferreira dos. *Planejamento Ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SAUSEN, Tania Maria. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. SELPER/Capítulo Brasil/INPE-DIR. São José Dos Campos, 1998;

SAUSEN, Tania Maria. Sistemas Sensores Óticos. SELPER/Capítulo Brasil/INPEDIR. São José dos Campos, 1997;

SEPLAN - *Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial*. Secretaria do Planejamento - SEPLAN. Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado por Ricardo Ribeiro Dias, Eduardo Quirino Pereira e Lindomar Ferreira dos Santos. 5 ed. rev. atu. Palmas: Seplan, 2008. 62 pag. Disponível em <http://www.seplan.to.gov.br>.

SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa de. *Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas*. São Carlos: Rima, 2004. 138p.

SILVA, Antônio Néelson Rodrigues; RAMOS, Rui Antônio Rodrigues; SOUZA, Léa Cristina Lucas de; RODRIGUES, Daniel Souto; MENDES, José Fernando Gomes. *SIG: Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes*. São Carlos: EDUFSCAR, 2008. 228 pag.

SILVA, Ardemirio de Barros. *Sistemas de Informações Geo-referenciadas. Conceitos e fundamentos*. Campinas-SP: Editora da Unicamp, 2003.

SILVA, Reginaldo Macedônio da. *Introdução ao geoprocessamento: conceitos, técnicas e aplicações*. Novo Hamburgo: Feevale, 2007. 176 pag.

SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia. Base de Dados do Sipam - Centro Estadual de Usuários do Tocantins. *Povoamento das Bases de Dados da Amazônia. Amazônia Legal – Estado do Tocantins*. Brasília: Presidência da República/Casa Civil / Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam), 2004. DVD-ROM. (Dados vetoriais e tabulares temáticos estruturados em escala 1:250.000).

SOUZA, Lucas Barbosa e. *Novas Cidades, Velhas Querelas: episódios pluviais e seus impactos na área urbana de Palmas (TO), primavera-verão 2009/2010*. Mercator - volume 9, número especial (1), 2010: dez. p. 165 a 177.

STEFFEN, A. C., MORAES, E. C., Gama, F. F. Radiometria óptica espectral. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VIII. Salvador, 14-19. Abr., 1996. Tutorial. São José dos Campos. INPE, 1996. 43p.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. NUNES, João Osvaldo Rodrigues. *A natureza da Geografia Física na Geografia*. Terra Livre. São Paulo. n.17. pag. 11-24, 2º semestre/2001.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida & CRHISTOFOLETTI, Antonio. *Sistemas de Informação Geográfica. Dicionário Ilustrado*. São Paulo: Editora, Hucitec, 1997. 244 p.

- TRICART, J. L. F. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.
- TRICART, J. L. F. *Paisagem e Ecologia*. Texto provisório da tradução do Prof. C. A. Figueiredo Monteiro, São Paulo, 1981.
- TROPPEMAIR, Helmut. *Sistemas, Geossistemas, Geossistemas Paulistas, Ecologia da Paisagem*. Rio Claro, SP: 2004
- TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima/IIIE, 2003, 248p.
- USGS, United States Geological Survey, http://landsat.usgs.gov/project_facts/project_news/Landsat_5_made_its_125000th_orbit_of_the_Earth_2007.
- VICENTE, Luiz Eduardo; SOUZA FILHO, Carlos Roberto; PEREZ FILHO, Archimedes. *Geografia e Complexidade: revendo conceitos*. Anais do V Encontro Nacional da ANPEGE, Florianópolis-SC, 2003, pag. 2647-2655.
- VITTE, Antônio Carlos. *O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física*. Mercator – Revista de Geografia da UFC, ano 06, número 11, 2007.
- VITTE, Antônio Carlos; GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 280p.
- WISCHMEIER, W.H., Smith, D.D., *Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning*. U.S. Dept. Agric., Agric. Handb. No. 537. Washington, DC. 1978.
- XAVIER-DA-SILVA, Jorge; ZAIDAN, Ricardo Tavares (org). *Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- ZACHARIAS, Andréa Aparecida. *A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental*. São Paulo: Ed. Unesp, 2010.
- ZACHARIAS, Andréa Aparecida. *A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental: um estudo de caso no Município de Ourinhos-SP*. [Tese] São Paulo: Unesp/IGC, 2006.
- ZUQUETTE, Lázaro V.; GANDOLFI, Nilson. *Cartografia Geotécnica*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ANEXOS

PROJETO DE PESQUISA: Análise Espacial Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga sob a ótica da Paisagem. Emerson Figueiredo Leite

1

Ponto núm.:	N. Fotos→	Lat.	Long.	Alt.
Vegetação e Flora Tipos de extratos <div> <input type="checkbox"/> Arbóreo <input type="checkbox"/> Arbustivo <input type="checkbox"/> Herbáceo <input type="checkbox"/> Escandescente <input type="checkbox"/> Epifítico <input type="checkbox"/> Gramíneo </div>				
Ecótono do Cerrado <div> </div>				
Aspectos geológicos e geomorfológicos Formas de Relevo <div> <input type="checkbox"/> Colinas <input type="checkbox"/> Morrotes <input type="checkbox"/> Morros <input type="checkbox"/> Escarpas </div>				
Tipo de relevo <div> <input type="checkbox"/> Plano (< 5%) <input type="checkbox"/> suave ond. (5-15%) <input type="checkbox"/> ond. (15-25%) <input type="checkbox"/> Abrupto (25-45%) <input type="checkbox"/> Muito Abrupto (> 45%) </div>				
Tipo de declividade <div> <input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> moderada </div>				
Estabilidade dos taludes <div> <input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta </div>				
Rochas exposta <div> <input type="checkbox"/> Laminar <input type="checkbox"/> Sulcos <input type="checkbox"/> Boçoroca <input type="checkbox"/> Coluviões <input type="checkbox"/> Deslizamento <input type="checkbox"/> Desbarrancamento </div>				
Infraestrutura e uso/ocupação da terra População <div> <input type="checkbox"/> Aglomerado <input type="checkbox"/> Área Urbana <input type="checkbox"/> Área Urbana <input type="checkbox"/> Outros </div>				
Adensamento da população <div> <input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta </div>				
Intensidade do uso da terra <div> <input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta </div>				
Condições de Vias de acesso <div> <input type="checkbox"/> Mineração <input type="checkbox"/> Praias arenosas <input type="checkbox"/> Agricultura <input type="checkbox"/> Queimada recente <input type="checkbox"/> Pecuária <input type="checkbox"/> Desmatamento </div>				
Água Disponibilidade <div> <input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta </div>				
Vizinhança das águas <div> <input type="checkbox"/> Baixa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Alta </div>				

<p>PROJETO DE PESQUISA: Análise Espacial Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga sob a ótica da Paisagem.</p>	2	<p>Emerson Figueiredo Leite</p> <p>ANOTAÇÕES FINAIS E CROQUIS</p> <p>Listar as potencialidades ou restrições/outras características para uma proposta de manejo.</p>
--	---	---

Programas em LEGAL

Cruzamento APP / UT

```

{
MNT var1 ("appPOND");
MNT var2 ("unidade territoriais");
MNT var3 ("usoAPP");
var1 = Recupere( Nome = "appnum" );
var2 = Recupere( Nome = "territorial2011" );
var3 = Novo( Nome = "critiAPP" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala = 2000 );
var3 = (var1 + var2) ;
}

```

Cruzamento Declive / UT

```

{
MNT var1 ("declivePOND");
MNT var2, var3 ("unidade territoriais");
var1 = Recupere( Nome = "declivePOND" );
var2 = Recupere( Nome = "territorial2011" );
var3 = Novo( Nome = "paisagem" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala = 2000 );
var3 = (var1 + var2)/2 ;
}

```

Determinação das Unidades Naturais

```
{
// Definição dos dados de entrada
Numerico var1 ("climaPOND");
Numerico var2 ("geologiaPOND");
Numerico var3 ("geomorfologiaPOND");
Numerico var4 ("solosPOND");
Numerico var5 ("vegetacaoPOND");
// Definição do dado de saída
Numerico var6 ("unidadesnaturais");
// Recuperação dos dados de entrada
var1 = Recupere (Nome="climaPOND");
var2 = Recupere (Nome="geologiaPOND");
var3 = Recupere (Nome="geomorfologiaPOND");
var4 = Recupere (Nome="solosPOND");
var5 = Recupere (Nome="vegetacaoPOND");
// Criação do dado de saída
var6 = Novo (Nome="UN", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
// Geração da média
var6 = (var1 + var2+ var3+ var4+ var5)/5;
}
```

Definição das Unidades Territoriais

```
{
// Definição dos dados de entrada
Numerico var1 ("unidadesnaturais");
Numerico var2, var3, var4, var5, var6, var7, var8, var9 ("usoPOND");
// Definição do dado de saída
Numerico var10, var11, var12, var13, var14, var15, var16, var17 ("unidadesterritoriais");
// Recuperação dos dados de entrada
```

```

var1 = Recuperar (Nome="UN");
var2 = Recuperar (Nome="uso2011pond");
var3 = Recuperar (Nome="uso2005pond");
var4 = Recuperar (Nome="uso2000pond");
var5 = Recuperar (Nome="uso1995pond");
var6 = Recuperar (Nome="uso1989pond");
var7 = Recuperar (Nome="uso1984pond");
var8 = Recuperar (Nome="uso1978pond");
var9 = Recuperar (Nome="uso1973pond");
// Criacao do dado de saida
var10 = Novo (Nome="territorial2011", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
var11 = Novo (Nome="territorial2005", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
var12 = Novo (Nome="territorial2000", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
var13 = Novo (Nome="territorial1995", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
var14 = Novo (Nome="territorial1989", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
var15 = Novo (Nome="territorial1984", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
var16 = Novo (Nome="territorial1978", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
var17 = Novo (Nome="territorial1973", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);
// Geracao da media
var10 = (var1 + var2)/2;
var11 = (var1 + var3)/2;
var12 = (var1 + var4)/2;
var13 = (var1 + var5)/2;
var14 = (var1 + var6)/2;
var15 = (var1 + var7)/2;
var16 = (var1 + var8)/2;
var17 = (var1 + var9)/2;
}

```

Ponderação Usos

```

{
Tematico uso2011, uso2005, uso2000,uso1995,uso1989,uso1984,uso1978, uso1973("uso");
MNT pond2011, pond2005, pond2000, pond1995, pond1989, pond1984, pond1978,
pond1973 ("usoPOND");
Tabela tabpond (Ponderacao);
uso2011 = Recuperar( Nome = "class2011" );
uso2005 = Recuperar( Nome = "class2005" );
uso2000 = Recuperar( Nome = "class2000" );
uso1995 = Recuperar( Nome = "class1995" );
uso1989 = Recuperar( Nome = "class1989" );
uso1984 = Recuperar( Nome = "class1984" );
uso1978 = Recuperar( Nome = "class1978" );
uso1973 = Recuperar( Nome = "class1973" );
pond2011 = Novo( Nome = "uso2011pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
pond2005 = Novo( Nome = "uso2005pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
pond2000 = Novo( Nome = "uso2000pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
pond1995 = Novo( Nome = "uso1995pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
pond1989 = Novo( Nome = "uso1989pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
pond1984 = Novo( Nome = "uso1984pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
pond1978 = Novo( Nome = "uso1978pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
pond1973 = Novo( Nome = "uso1973pond", ResX = 20, ResY = 20, Escala = 2000 );
tabpond = Novo( CategoriaIni = "uso",
    "floresta" : 1.9,
    "pec" : 2.8,
    "agro" : 3.0 );
pond2011 = Pondere ( uso2011, tabpond );
pond2005 = Pondere ( uso2005, tabpond );
pond2000 = Pondere ( uso2000, tabpond );
pond1995 = Pondere ( uso1995, tabpond );
pond1989 = Pondere ( uso1989, tabpond );
pond1984 = Pondere ( uso1984, tabpond );
pond1978 = Pondere ( uso1978, tabpond );

```

```
pond1973 = Pondere ( uso1973 , tabpond );
```

```
}
```

Ponderação Solos

```
{
```

```
Tematico solos ("solos");
```

```
MNT solopond ("solosPOND");
```

```
Tabela tabpond (Ponderacao);
```

```
solos = Recuperar( Nome = "solos" );
```

```
solopond = Novo( Nome = "solospond" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala = 2000 );
```

```
tabpond = Novo( CategoriaIni = "solos",
```

```
    "Solo_Petroplintico_com_horizonte" : 3.0,
```

```
    "Latossolo_Vermelho_Escuro" : 1.0,
```

```
    "Latossolo_Vermelho_Amarelo_endop" : 1.0,
```

```
    "Podzolico_Vermelho_Amarelo_petro" : 2.0,
```

```
    "Gleissolo_plintico" : 3.0,
```

```
    "Cambissolo" : 2.5,
```

```
    "Afloramentos_de_Rochas" : 3.0,
```

```
    "Solo_Litolico_pedregoso" : 3.0,
```

```
    "Plintossolo" : 3.0);
```

```
solopond = Pondere ( solos , tabpond );
```

```
}
```

Ponderação Geologia

```

{
Tematico geologia ("geologia");
MNT geologiapond ("geologiaPOND");
Tabela tabpond (Ponderacao);

geologia = Recupere( Nome = "geologia" );
geologiapond = Novo( Nome = "geologiaPOND" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala = 2000 );
tabpond = Novo( CategoriaIni = "geologia",
    "Complexo_Goiano" : 1.3,
    "Suite_Intrusiva_Ipueiras" : 1.2,
    "Grupo_Natividade" : 1.0,
    "Formacao_Pimenteiras" : 2.8,
    "cobert_detrito_lateritica_pleist" : 3.0,
    "Aluvioes_holocenicos" : 3.0);

geologiapond = Pondere ( geologia , tabpond );
}

```


Ponderação Dissecação Horizontal

```
{
Tematico horizontal ("dissecacao_horiz");
MNT horizontalpond ("dissecacaoHPOND");
Tabela tabpond (Ponderacao);

horizontal = Recuperar( Nome = "dissecacao_h" );
horizontalpond = Novo( Nome = "dissecacaoHPOND" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala =
2000 );
tabpond = Novo( CategoriaIni = "dissecacao_horiz",
    "< 250 m" : 3.0,
    "250 - 750" : 2.5,
    "750 - 2000" : 2.0,
    "2000 - 5000" : 1.5,
    "> 5000 m" : 1.0);

horizontalpond = Pondere ( horizontal , tabpond );
}
```

Ponderação Dissecação Vertical

```
{
Tematico vertical ("disecassao_vert");
MNT verticalpond ("verticalpond");
Tabela tabpond (Ponderacao);

vertical = Recupere( Nome = "dissecacao_v" );
verticalpond = Novo( Nome = "verticalpond" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala = 2000 );
tabpond = Novo( CategoriaIni = "disecassao_vert",
    "< 20m" : 1.0,
    "20 a 40m" : 1.5,
    "40 a 100m" : 2.0,
    "100 a 200m" : 2.5,
    ">200m" : 3.0);

verticalpond = Pondere ( vertical , tabpond );
}
```

Ponderação Declividade

```

{
Tematico decliv ("declividade");
MNT declivadepond ("declivePOND");
Tabela tabpond (Ponderacao);

decliv = Recupere( Nome = "classedeclividade" );
declivadepond = Novo( Nome = "declivePOND" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala = 2000
);
tabpond = Novo( CategoriaIni = "declividade",
    "0-2" : 1.0,
    "2-6" : 1.5,
    "6-20" : 2.0,
    "20-50" : 2.5,
    "> 50" : 3.0);

declivadepond = Pondere ( decliv , tabpond );
}

```

Ponderação Clima

```

{
Tematico clima ("clima");
MNT climapond ("climaPOND");
Tabela tabpond (Ponderacao);
clima = Recupere( Nome = "clima" );
climapond = Novo( Nome = "climapond" , ResX = 20 , ResY = 20 , Escala = 2000 );
tabpond = Novo( CategoriaIni = "clima",
    "clima" : 1.7);
climapond = Pondere ( clima , tabpond );
}

```

Definição dos valores de est./vul. Geomorfologia

```
{  
  
    // Definicao dos dados de entrada  
    Numerico var1 ("declivePOND");  
    Numerico var2 ("dissecacaoHPOND");  
    Numerico var3 ("dissecacaoVPOND");  
  
    // Definicao do dado de saida  
    Numerico var4 ("geomorfologiapond");  
  
    // Recuperacao dos dados de entrada  
    var1 = Recupere (Nome="declivePOND");  
    var2 = Recupere (Nome="dissecacaoHPOND");  
    var3 = Recupere (Nome="verticalpond");  
  
    // Criacao do dado de saida  
    var4 = Novo (Nome="geomorfopond", ResX=20, ResY=20, Escala=2000);  
  
    // Geracao da media  
    var4 = (var1 + var2+ var3)/3;  
}
```