

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO  
PARA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO  
PARQUE ESTADUAL DO JALAPÃO (TO) E ENTORNO**

LEONARDO ROMEIRO MENDES

ORIENTADOR: PROF. DR. RENATO FONTES GUIMARÃES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRASÍLIA  
JULHO/2008

LEONARDO ROMEIRO MENDES

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO  
PARA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO  
PARQUE ESTADUAL DO JALAPÃO (TO) E ENTORNO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção Acadêmica.

ORIENTADOR: PROF. DR. RENATO FONTES GUIMARÃES

BRASÍLIA  
JULHO/2008

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO  
PARA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO  
PARQUE ESTADUAL DO JALAPÃO (TO) E ENTORNO**

LEONARDO ROMEIRO MENDES

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

---

Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães - Universidade de Brasília  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior - Universidade de Brasília  
(Examinador Interno)

---

Dr. Éder de Souza Martins - EMBRAPA Cerrados  
(Examinador Externo)

---

Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes - Universidade de Brasília  
(Suplente)

Brasília, 02 de julho de 2008.

## FICHA CATALOGRÁFICA

MENDES, LEONARDO ROMEIRO

Aplicação de técnicas de geoprocessamento para análise geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno, 63 p., 288 mm, (UnB-IH-GEA-LSIE, Mestrado, Gestão Ambiental e Territorial, 2008).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia.

- |                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. Geomorfologia              | 2. Relevo Estrutural |
| 3. Parque Estadual do Jalapão | 4. Geoprocessamento  |
| I. UnB-IH-GEA-LSIE            | II. Título (série)   |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Mendes, Leonardo Romeiro. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para análise geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.** (Dissertação de Mestrado), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília, 2008. 78 f.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Leonardo Romeiro Mendes.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: “Aplicação de técnicas de geoprocessamento para análise geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno”.

GRAU/ANO: Mestre/2008.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Leonardo Romeiro Mendes

Dedico este trabalho a Adolpho Mendes Filho, Luciola Romeiro Mendes, Alessandro Romeiro Mendes e família, Marcelo Romeiro Mendes e família, Lílian Beraldo Veiga e meus amados filhos, Matheus Veiga Mendes e Anne Coutinho Mendes. Vocês são peças fundamentais na minha vida, e se cheguei até aqui foi pelo amor e carinho de cada um.

## AGRADECIMENTOS

Aqui expresso os mais sinceros agradecimentos às pessoas e entidades que contribuíram para essa dissertação de Mestrado.

Aos meus pais Adolpho Mendes Filho e Lucíola Romeiro Mendes, pelo amor e carinho em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos Alessandro e Marcelo (Iara e Jô), que sempre estiveram ao meu lado.

A Lílian Beraldo Veiga, por todo carinho e afeto.

Aos meus filhos Matheus Veiga Mendes e Anne Coutinho Mendes, que são a maior prova da existência de um amor incondicional.

Aos meus sobrinhos Iuri, Arthur, Pedro e Enzo, crianças maravilhosas que alegram a minha vida.

A Ana Paula Gabatteli Vieira, Bernardo Coelho de Oliveira e Carlos Eiti Natsume Moriya, pelo incentivo e principalmente pela bela amizade construída ao longo desses anos de convivência.

Aos professores Doutores Renato Fontes Guimarães, Osmar Abílio de Carvalho Júnior e Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, pelo incentivo, discussões, apoio técnico e orientação.

Ao Dr. Éder de Souza Martins, pela grandiosa aula sobre solos durante a saída de campo, discussões e incentivo.

Ao corpo docente da Pós-Graduação em Geografia da UnB.

Aos colegas de mestrado: Ângelo Valverde, Daniel Loebmann, Gilberto Alves, Marcus Fábio, Maria Elisabete, Miriam Rodrigues e Sandro Nunes pela boa convivência, discussões e pela amizade formada.

A todos os colegas do LSIE, em especial Antônio Felipe, Vinícius Vasconcelos, Gabriel Daldegan e Leonardo Freitas, por toda contribuição durante a realização desta pesquisa.

A Tatiana Amaral Queiroz pelo apoio durante a fase de tradução do resumo dessa dissertação.

Aos amigos do Gregeo, pela paciência e dedicação nas nossas “discussões acadêmicas”.

Ao Grupo Escoteiro Moraes Antas – 1ºDF, uma família que me acolheu há 24 anos e que muito me ajudou nas conquistas da minha vida.

Aos amigos da Cooperativa de Turismo, Cultura e Meio Ambiente - Trilha Mundos, que souberam entender que são precisos sacrifícios para que possamos em breve trilhar os vários caminhos a serem percorridos.

Aos amigos e colegas do Colégio Militar Dom Pedro II, pela ajuda durante a realização desta pesquisa

A todos os meus amigos, que sempre me apoiaram em todas as minhas dificuldades.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**A Deus e Nosso Senhor Jesus Cristo.**

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE FOTOS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	xiii
<b>RESUMO</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 – Problemas de pesquisa .....	1
<b>CAPÍTULO II</b> .....	4
<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	4
2.1. – Localização da área de estudo .....	4
2.2 – Clima.....	6
2.3 – Geologia.....	7
2.3.1 – Formação Urucuia .....	8
2.4 – Geomorfologia .....	12
2.4.1 – Patamares Leste do Tocantins .....	13
2.4.1.1 – Nível Superior dos Patamares do Tocantins .....	14
2.4.1.2 – Nível Inferior dos Patamares do Tocantins.....	15
<b>CAPÍTULO III</b> .....	18
<b>OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E DETERMINAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS</b> .....	18
3.1 – Processamento Digital de Imagens SRTM .....	18
3.2 – Determinação das Bacias Hidrográficas .....	23

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	27
<b>ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA</b> .....	27
4.1 – Captura de Drenagens.....	27
4.1.1 – Padrões de Drenagem.....	32
4.1.2 – Interpretação dos padrões de drenagem .....	37
4.2 – Composição Colorida dos Parâmetros Morfométricos .....	44
4.3 – Confeção do Mapa Geomorfológico.....	46
4.4 – Definição das Unidades Geomorfológicas .....	49
4.4.1 – Topos de Chapadas .....	49
4.4.2 – Superfície Jalapão .....	50
4.4.3 – Fundos de Vales.....	50
4.4.4 – Superfície Ponte Alta do Tocantins.....	51
<b>CAPÍTULO V</b> .....	52
<b>PROCESSOS EROSIVOS PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO</b> .....	52
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	57
<b>CONCLUSÕES</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	59

# LISTA DE FIGURAS

Figuras	Pag.
<b>Figura 1</b> – Mapa de localização.....	<b>05</b>
<b>Figura 2</b> – Mapa geológico da Região do Parque Estadual do Jalapão e entorno.....	<b>10</b>
<b>Figura 3</b> – Unidades Geológicas / Material de Origem da Região do Parque Estadual do Jalapão e entorno.....	<b>11</b>
<b>Figura 4</b> – Mosaico SRTM da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.....	<b>20</b>
<b>Figura 5</b> – MDT 3D da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.....	<b>21</b>
<b>Figura 6</b> – Mapa de Declividade do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.....	<b>22</b>
<b>Figura 7</b> – Direção de Fluxo da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.....	<b>22</b>
<b>Figura 8</b> – Fluxo Acumulado da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.....	<b>23</b>
<b>Figura 9</b> – Representação da Direção de Fluxo pelo método D8 (a direção se dá para a célula de menor altitude em relação à célula central).....	<b>24</b>
<b>Figura 10</b> – Principais Bacias Hidrográficas da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno, sobreposto à imagem SRTM.....	<b>26</b>
<b>Figura 11</b> – (a) Divisores de Bacias hidrográficas: Tocantins-Araguaia, São Francisco e Parnaíba. (b) Área de possível captura de drenagem entre as bacias do Tocantins-Araguaia e São Francisco.....	<b>30</b>
<b>Figura 12</b> – (a) Divisores de Bacias hidrográficas: Tocantins-Araguaia e São Francisco. (b) Área de maior probabilidade de captura de drenagem da bacia do São Francisco pela bacia do Tocantins-Araguaia.....	<b>31</b>

<b>Figuras</b>	<b>Pag.</b>
<b>Figura 13</b> – Recorte do SRTM da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia localizada no Nível Inferior dos Patamares do Tocantins.....	<b>33</b>
<b>Figura 14</b> – Segmentos da rede de drenagem da Bacia do Tocantins-Araguaia obtidos para delimitar as bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D).....	<b>34</b>
<b>Figura 15</b> – Segmentos da rede de drenagem da Bacia do São Francisco obtidos para delimitar as bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D).....	<b>35</b>
<b>Figura 16</b> – Segmentos da rede de drenagem da Bacia do Parnaíba obtidos para delimitar as bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D).....	<b>36</b>
<b>Figura 17</b> – Diagrama de Roseta da Bacia do Tocantins-Araguaia obtidos para delimitar as direções preferenciais das drenagens das bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D).....	<b>38</b>
<b>Figura 18</b> – Diagrama de Roseta da Bacia do São Francisco obtidos para delimitar as direções preferenciais das drenagens das bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D).....	<b>39</b>
<b>Figura 19</b> – Diagrama de Roseta da Bacia do Parnaíba obtidos para delimitar as direções preferenciais das drenagens das bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D).....	<b>40</b>
<b>Figura 20</b> – (a) Localização da Falha de Lizarda. (b) Mudança de direção do Rio Novo de SE-NW para norte.....	<b>42</b>
<b>Figura 21</b> – (a) Paralelismo de drenagens. (b) Paralelismo de drenagens do zoom da figura (a).....	<b>43</b>
<b>Figura 22</b> – Composição colorida dos atributos morfométricos.....	<b>45</b>
<b>Figura 23</b> – (a) Mapa Hipsométrico. (b) Composição Colorida por atributos morfométricos: hipsometria, declividade e direção de fluxo.....	<b>46</b>
<b>Figura 24</b> – Compartimentação geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.....	<b>47</b>
<b>Figura 25</b> – Mapa Geomorfológico do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno.....	<b>48</b>

<b>Figuras</b>	<b>Pag.</b>
<b>Figura 26</b> – (a) Composição Colorida por atributos morfométricos: hipsometria, declividade e direção de fluxo. (b) Imagem Landsat TM+.....	<b>53</b>
<b>Figura 27</b> – Imagem Landsat TM+ sobreposta aos atributos morfométricos: hipsometria, declividade e direção de fluxo, evidenciando o uso e ocupação do solo nas áreas mais elevadas (Chapada das Mangabeiras).....	<b>55</b>

## **LISTA DE FOTOS**

<b>Fotos</b>	<b>Pág.</b>
<b>Foto 1</b> – Arenitos da Formação Urucuia.....	<b>07</b>
<b>Foto 2</b> – Extratificações cruzadas de ambiente de sedimentação desértico.....	<b>08</b>
<b>Foto 3</b> – Vista parcial da Serra da Jalapinha – TO.....	<b>14</b>
<b>Foto 4</b> – Área de acumulação arenosa – Dunas – PEJ – TO.....	<b>16</b>
<b>Foto 5</b> – Dunas com indícios de estabilização devido a presença da vegetação .....	<b>17</b>

# LISTA DE ABREVIATURAS

- ANA – Agência Nacional de Águas  
APA – Área de Proteção Ambiental  
DEM – Modelo de Elevação Digital / Digital Elevation Model  
DG – Diretoria de Geociências (IBGE)  
ESEC – Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
LSIE – Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais  
MDT – Modelo Digital de Terreno  
MNT – Modelo Numérico de Terreno  
NATURATINS – Instituto Natureza do Tocantins  
PEJ – Parque Estadual do Jalapão - TO  
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação  
SR – Sensoriamento Remoto  
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission  
UC – Unidade de Conservação

# RESUMO

O Parque Estadual do Jalapão é uma unidade de conservação localizada na porção leste do estado do Tocantins – TO e possui uma formação geomorfológica muito peculiar, caracterizado pela evolução do relevo cuestiforme e estratiforme, que pode ser comprovado pelas várias formações residuais observadas na região. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar a geomorfologia do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno e definir as suas principais unidades geomorfológicas utilizando-se de técnicas de geoprocessamento. A metodologia foi dividida nas seguintes etapas: (a) processamento digital das imagens SRTM para a obtenção dos dados morfométricos; (b) delimitação das principais bacias hidrográficas; (c) determinação das direções preferenciais das drenagens de cada bacia hidrográfica e dos lineamentos; (d) análise da geomorfologia do Parque Estadual do Jalapão (TO) e; (e) Definição das unidades geomorfológicas do Parque. A reunião dos resultados obtidos mostra a interferência da tectônica no processo de modelagem do relevo. Os produtos gerados mostram que as três principais bacias hidrográficas da região seguem alinhamentos preferenciais N – S e E – W, pois a rede hidrográfica está fortemente correlacionada com os lineamentos estruturais presentes na região. A utilização desta metodologia permitiu demonstrar a possibilidade de captura de afluentes da bacia do São Francisco pela bacia do Tocantins-Araguaia demonstrando que o modelado da região permanece em constante evolução, podendo ser acelerada pelas ações antrópicas.

**Palavras chave:** análise geomorfológica; SRTM; geoprocessamento

## ABSTRACT

The Jalapão State Park is a protected area located in the eastern portion of the state of Tocantins – TO. It has a very peculiar geomorphological formation, characterized by the development of cuestas and stratiform relief, which can be evidenced by the several residual formations seen in the region. Thus, this paper aims to study the geomorphology in Jalapão State Park (TO) and define their main geomorphological units, using geoprocessing techniques. The methodology was divided into the following steps: (a) digitally processing SRTM images to collect morphometric data (b) delimitation of the main river basins, (c) determining the directions of preferential drainage of each river basin and structural lineaments, (d) geomorphological analysis in Jalapão State Park (TO) and (e) definition of the geomorphologic units the Park. The combination of the results shows the interference of tectonics in the process of shaping the relief. The generated products show that the three major river basins in the region follow, preferentially, alignments N – S and E – W, since the river system is strongly correlated with the structural lineaments in the region. Using this methodology has demonstrated the possibility of capturing streams of the San Francisco basin through the Tocantins-Araguaia basin, showing that the region's shape is in constant evolution and may be accelerated by human actions.

**Keywords:** geomorphological analysis; SRTM; geoprocessing.

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### ***1.1 – Problemas de pesquisa***

A geomorfologia é um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os processos antigos e atuais. A análise incorpora o necessário conhecimento do jogo de forças antagônicas, sistematizadas pelas atividades tectogênicas e mecanismos morfoclimáticos, responsáveis pelas formas resultantes (Cassetti, 1990).

Neste caso, pode-se dizer que a forma geomorfológica é o resultado de processos pretéritos, presentes ou da coexistência de tempos (Suertegaray, 2001).

O progresso do conhecimento geomorfológico seguiu a própria evolução da ciência moderna. As primeiras experiências nessa área necessitavam de concepções teóricas mais abrangentes para explicar os fenômenos geomorfológicos (Veiga, 2001).

O relevo se constitui em um produto do antagonismo das forças endógenas e exógenas, registrado ao longo do tempo geológico, e responsável pelo equilíbrio ecológico. É evidente que o recurso por si só não poderia ser materializado ou transformado em produção se o homem não estivesse presente na paisagem geográfica, assim como não seria possível conceber o próprio conceito de espaço (Cassetti, 1995).

O relevo como componente da paisagem, demonstra a relação das interações naturais e sociais. A geomorfologia, por sua vez, como integrante da análise geográfica é responsável pela compreensão do comportamento do relevo e, fundamentando-se na noção de “fisiologia da paisagem”, procura evidenciar, de uma forma dinâmica, as derivações ambientais resultantes do

processo de apropriação e transformação do relevo ou de suas interfaces (como a cobertura vegetal) pelo homem (Cassetti, 1995)

Como toda causa tem seu efeito correspondente, todo benefício que o homem retira da natureza tem certamente também seus prejuízos. Dessa forma, parte-se do princípio de que toda ação humana, no ambiente natural ou modificado, causa determinado impacto em diferentes níveis, provocando alterações com níveis diversos de agressão, levando, às vezes, as condições ambientais a processos até mesmo irreversíveis (Ross, 1991).

Segundo Ross (1991), nada existe de tão concreto na natureza como o conjunto heterogêneo das formas que compõem a superfície da terra a que se denomina relevo. Entretanto, a percepção do concreto que melhor se associa àquilo que tem massa e forma própria, não se aplica especificamente ao relevo, pois este se concretiza através da geometria que suas formas apresentam. Desse modo o relevo é algo concreto quanto às formas, mas abstrato enquanto matéria.

Para auxiliar no entendimento dos processos evolutivos do relevo bem como a elaboração de mapeamentos geomorfológicos cada vez mais vem sendo utilizadas técnicas de geoprocessamento que possibilitam maior rapidez e eficiência no modelamento das formas de relevo (Carvalho Júnior et al., 2001). Dentro deste contexto, destaca-se a utilização de Modelos Digitais de Terreno (MDT) em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) que além da representação do relevo de forma tridimensional, é possível a extração de atributos morfométricos que podem ser usados como uma medida espacial para descrever os processos geomorfológicos.

Os atributos topográficos podem ser divididos em atributos primários ou secundários (ou compostos). Os atributos primários são diretamente calculados, tomando por base os dados de elevação e incluem variáveis como elevação, declividade e aspecto. Atributos compostos envolvem combinações de atributos primários e índices que descrevem ou caracterizam a variabilidade espacial de um processo físico ocorrente no relevo, como o potencial de erosão ou de deposição. A combinação destes atributos utilizando-se técnicas de processamento digital de imagens possibilita diferenciar diferentes ambientes na paisagem (Mendes, 1995).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar o relevo do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno, e definir as suas principais unidades geomorfológicas utilizando-se de técnicas de geoprocessamento.

Dentro do proposto, objetivos específicos serão desenvolvidos com a finalidade de direcionar o estudo durante o seu desenvolvimento e contribuir com uma base de dados enriquecida de subsídios para que as informações geradas possuam fundamento teórico e prático sobre as informações disponibilizadas.

Podem-se então destacar os seguintes objetivos específicos:

- (a) Processamento digital das imagens SRTM para a obtenção dos dados morfométricos e interpretação da compartimentação morfológica;
- (b) Determinação das principais bacias hidrográficas do Parque e entorno;
- (c) Delimitar as direções preferenciais das drenagens de cada bacia hidrográfica e correlacionar os resultados com os padrões de drenagens, analisando a influência dos lineamentos em relação ao modelado do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno;
- (d) Estudar a geomorfologia do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno e;
- (e) Definição das unidades geomorfológicas do Parque e entorno.

## CAPÍTULO II

### ÁREA DE ESTUDO

#### **2.1. – Localização da área de estudo**

O Jalapão está localizado no leste do Estado do Tocantins, fazendo divisa com os Estados da Bahia, Maranhão e Piauí. É formado por uma área de 53,3 mil km<sup>2</sup>, sendo que 34,1 mil km<sup>2</sup> encontram-se dentro do Estado do Tocantins, englobando 15 de seus municípios: Barra de Ouro, Campos Lindos, Centenário, Goiatins, Itacajá, Itapiratins, Lagoa do Tocantins, Lizarda, Mateiros, Novo Acordo, Ponte Alta de Tocantins, Recursolândia, Rio Sono, Santa Tereza de Tocantins e São Félix do Tocantins. (NATURATINS, 2003)

Tal região compreende depressões resultantes de processos de recuo das escarpas da Serra Geral de Goiás e da Chapada das Mangabeiras, onde podem ser observados alguns testemunhos da história natural regional como as Serra do Porco, do Espírito Santo, da Jalapinha, entre outros.

O Parque Estadual do Jalapão (PEJ), criado pela Lei Estadual 1.203 de 12 de janeiro de 2001, pertence à categoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral do Estado do Tocantins. Esta Unidade de Conservação (UC) tem por finalidade a preservação dos recursos naturais da região na qual está inserida, fato que limita suas formas de exploração, permitindo-se apenas o aproveitamento indireto de seus benefícios. (NATURATINS, 2003).

O PEJ está inserido na área nuclear do Jalapão, representando 158.885,5 hectares. Mesmo com tamanha dimensão, a área total do parque se concentra em apenas um município tocantinense, Mateiros, sendo que seus limites atingem os marcos divisórios deste com os municípios de Ponte Alta do Tocantins, São Felix do Tocantins e Novo Acordo. (NATURATINS, 2003).

O Parque representa um importante patrimônio ecológico, já que é cortado por diversos cursos d'água que alimentam expressivamente a bacia

hidrográfica do rio Tocantins. Seus maiores rios são o Novo e o Sono, que inclusive formam os limites do parque nas faces Oeste, Sudoeste e Noroeste.

As áreas de cerrado apresentam grande sensibilidade ambiental, pois possuem relativa estabilidade geológica, ainda em processos de acomodação, apresentando intensas atividades erosivas, principalmente nos rebordos das serras. Por isso, a paisagem possui uma dinâmica constante.

Na região há um local com grande deposição de areia, decorrentes do desgaste natural das rochas sedimentares da Serra do Espírito Santo, formando as dunas (NATURATINS, 2003).

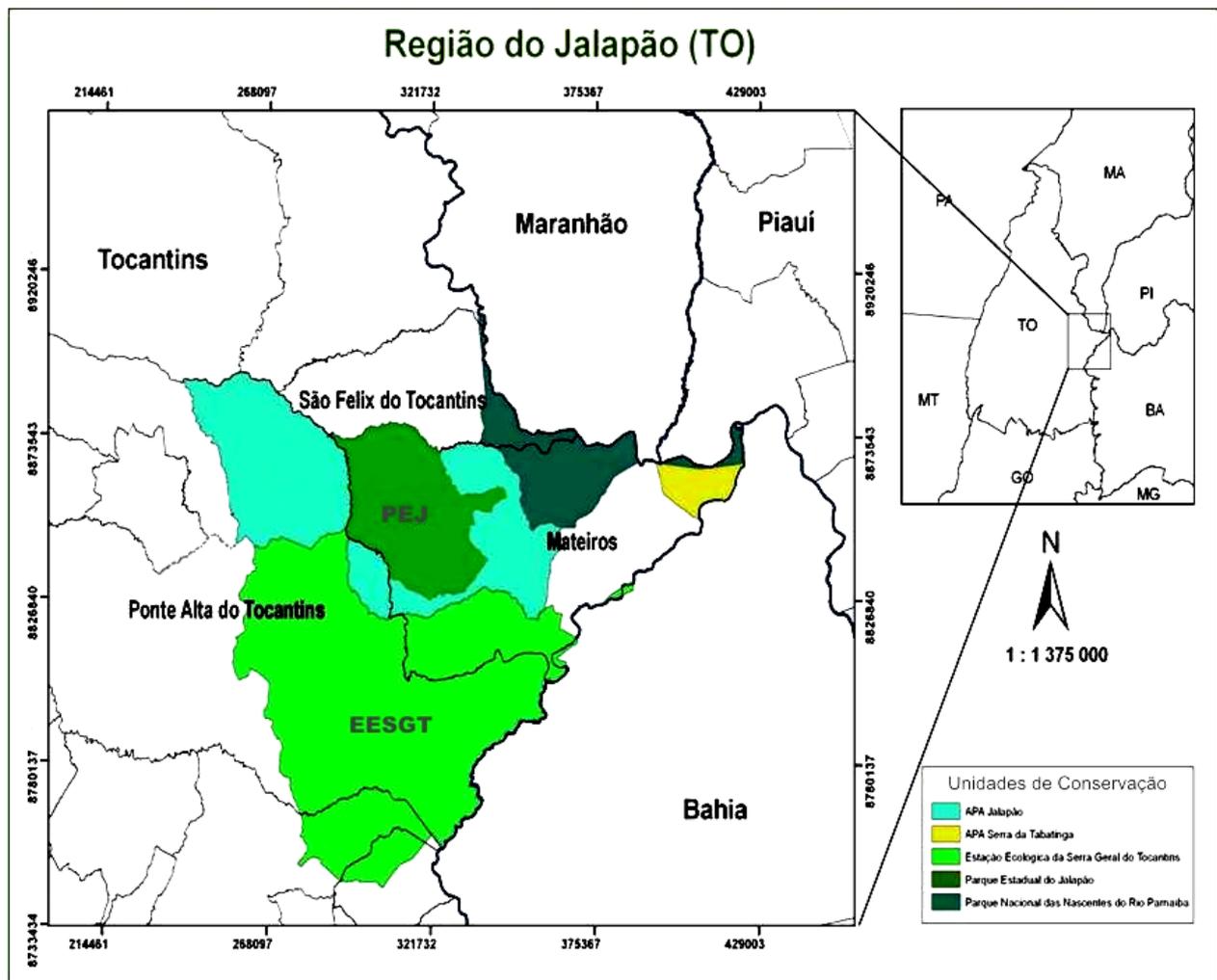


Figura 1 – Mapa de localização (Adaptado de Figueiredo, 2007)

## **2.2 – Clima**

O caráter do clima tropical da região centro-oeste do Estado do Tocantins favorece a existência de um ambiente climático marcado pela alta energia durante o ano inteiro. A distinção climática regional verifica-se pela alternância do predomínio de sistemas de circulação de alta umidade em contraste com a presença de sistemas de baixa umidade. (NATURATINS, 2003).

O sistema de alta umidade ocorre devido à atuação dos sistemas de circulação derivados da expansão dos volumes de ar que transitam sobre a Amazônia, com forte significância durante o período de novembro a abril, que provoca o tempo instável e caracteriza a estação chuvosa.

O sistema de baixa umidade ocorre a partir do final do Outono até o início da Primavera, com destaque para o Inverno, onde ocorre a expansão sobre a porção central da América do Sul do Anticiclone Tropical do Atlântico Sul, inflado pela forte atuação do Anticiclone Polar Atlântico. Assim, sob a influência do sistema de circulação do Anticiclone do Atlântico Sul, observa-se o tempo estável com tardes quentes e muito secas, em contraste com as madrugadas frescas ou, por vezes, frias. A escassez das chuvas é demonstrada pelo percentual que variam entre 5% e 9% em relação ao total anual médio, com ocorrência registrada de maio a setembro. (NATURATINS, 2003).

O clima recebe a classificação de AW – Tropical de verão úmido e período de estiagem no inverno, de acordo com a Classificação de Köppen. A estiagem varia de 3 a 5 meses, sendo janeiro o mês mais chuvoso e agosto o mais seco.

As temperaturas médias anuais na região variam entre 23° e 26°C, sendo crescente no sentido do Sul para o Norte. As temperaturas máximas ocorrem em fins de setembro e começo de outubro e as mínimas em julho. A amplitude entre as médias das máximas e das mínimas é de aproximadamente 14°C.

Nimer (1989) ao abordar o clima da região Centro-Oeste, quando o atual Estado de Tocantins fazia parte do Estado de Goiás, destaca a presença da "circulação perturbada de Oeste" que leva para a região sudoeste de Tocantins a umidade necessária para manter o extenso e intenso período chuvoso.

### 2.3 – Geologia

As rochas que compreendem a região do Parque Estadual do Jalapão foram formadas por volta de 135 milhões de anos atrás, quando houve a deposição dos arenitos da Formação Urucuia num ambiente essencialmente desértico. Na região, ela possui até 300 metros de espessura e recobriu o Grupo Bambuí (**foto 1**). (NATURATINS, 2003).



**Foto 1: Arenitos da Formação Urucuia**

Segundo Campos (1996), o Grupo Urucuia foi dividido nas Formações Posse e Serra das Araras, conforme descrito a seguir. A Formação Posse é formada por arenitos muito finos, finos, médios, com boa maturidade textural e mineralógica, geralmente apresentando boa seleção. De maneira geral, os arenitos são carentes da matriz argilosa. O material argiloso, quando presente, caracteriza uma pseudomatriz gerada por infiltração mecânica ou por processos diagenéticos. A Formação Serra das Araras é formada por arenitos, argilitos, microconglomerados e conglomerados com coloração avermelhada, intercalados em bancos plano-paralelos com espessuras variando de 50 cm a 2 metros.

### 2.3.1 – Formação Urucuia

A Formação Urucuia constitui o pacote rochoso que forma o chapadão da Serra Geral de Goiás, ou simplesmente Gerais, divisor de águas das bacias do São Francisco e Tocantins. Aparece também na área estudada por Fernandes (1982), formando pequenas serras “testemunhos”.

O ambiente de sedimentação é formado tipicamente por depósitos continentais fluvioeólicos. Estruturas tipo estratificações cruzadas (**Foto 2**) acanaladas como também ventifactos foram localizados na área. A constância da cor vermelha em quase toda a formação é mais um elemento que se soma às características continentais. A Formação Urucuia inicia-se com uma seqüência argilosa, representada por folhelhos e argilitos arenosos a arenitos argilosos calcíferos de cor vermelho-tijolo, avermelhada ou rósea. (Oliveira 1967).



**Foto 02 – Extratificações cruzadas de ambiente de sedimentação desértico.**

Oliveira (1967) descreveu uma camada de folhelhos betuminosos, calcíferos, intercalada na seção argilo-arenosa inferior da Formação (Membro Geribá), que pelas características sugere uma proveniência de ambiente restrito, de transição. O autor mencionou também que os arenitos da parte média e superior da formação apresentam características de deposição tanto

subaquosa quanto eólica, passando lateralmente de uma para outra. Enfatizou que a seção argilosa inferior nem sempre está presente.

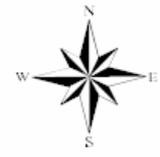
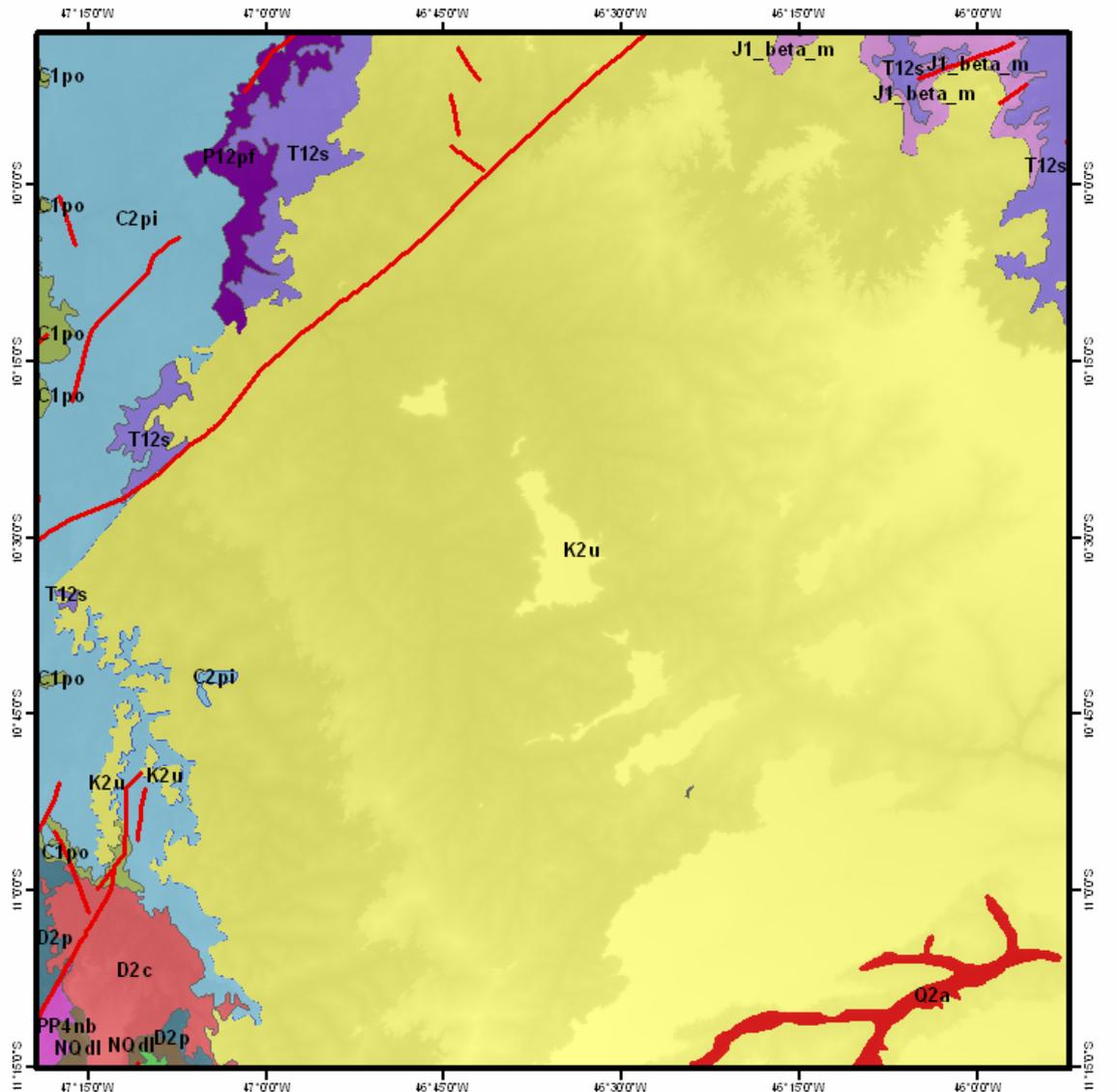
Fernandes (1982) engloba, sob a denominação de Formação Urucuia, todos os sedimentos cretáceos, inclusive a sua seqüência basal, constituída de conglomerados, siltitos, argilitos e folhelhos que em mapeamentos anteriores do RADAMBRASIL, foram destacados como pertencentes à Formação Areado.

Segundo Oliveira (1967), a Formação Urucuia, em suas ocorrências no sudoeste da bacia do São Francisco, tem sido freqüentemente denominada Botucatu, por sua semelhança litológica com os arenitos Botucatu, do Sul do Brasil. Outras vezes, por conter fósseis cretáceos, tem sido chamada de Formação Bauru. Este autor dividiu a Formação Urucuia em dois membros: o Geribá e o Abaeté. O membro Geribá, constituindo as camadas argiloarenosas inferiores, e o membro Abaeté, designando as camadas areníticas da parte. Barbosa (1969) situaram a Formação Urucuia (Formação Serra Negra) no Cretáceo Superior, mais precisamente no Turoniano, baseados principalmente em correlações.

Os sedimentos aluvionários do Parque Estadual do Jalapão ocorrem preenchendo as calhas das principais drenagens: rio Novo e seus afluentes, riacho da Areia e córrego da Toca, a sudoeste, e córrego Corta Perna, no centro-oeste da área.

Os sedimentos compõem-se de areias, cascalhos, silte e argilas, transportados como carga de fundo, em suspensão, ou ainda, como depósitos de deflação nas depressões locais. Mantêm-se perenes ou temporariamente inundados e parcialmente estabilizados. Os depósitos das planícies de inundação, por efeito de transbordamento dos rios nos períodos de cheia, são, nas raras incidências, de grande possança e extensão, como é o caso do rio Novo e seus afluentes, cujo material depositado é proveniente das escarpas arenosas da serra do Espírito Santo.

A **figura 2** apresenta o mapa geológico sobreposto à imagem SRTM, possibilitando a interpretação da geologia junto com a forma do relevo, permitindo uma melhor interpretação da área. A **figura 3** apresenta o material de origem de cada formação geológica, possibilitando a interpretação dos processos intempéricos que atuam em cada formação geológica.



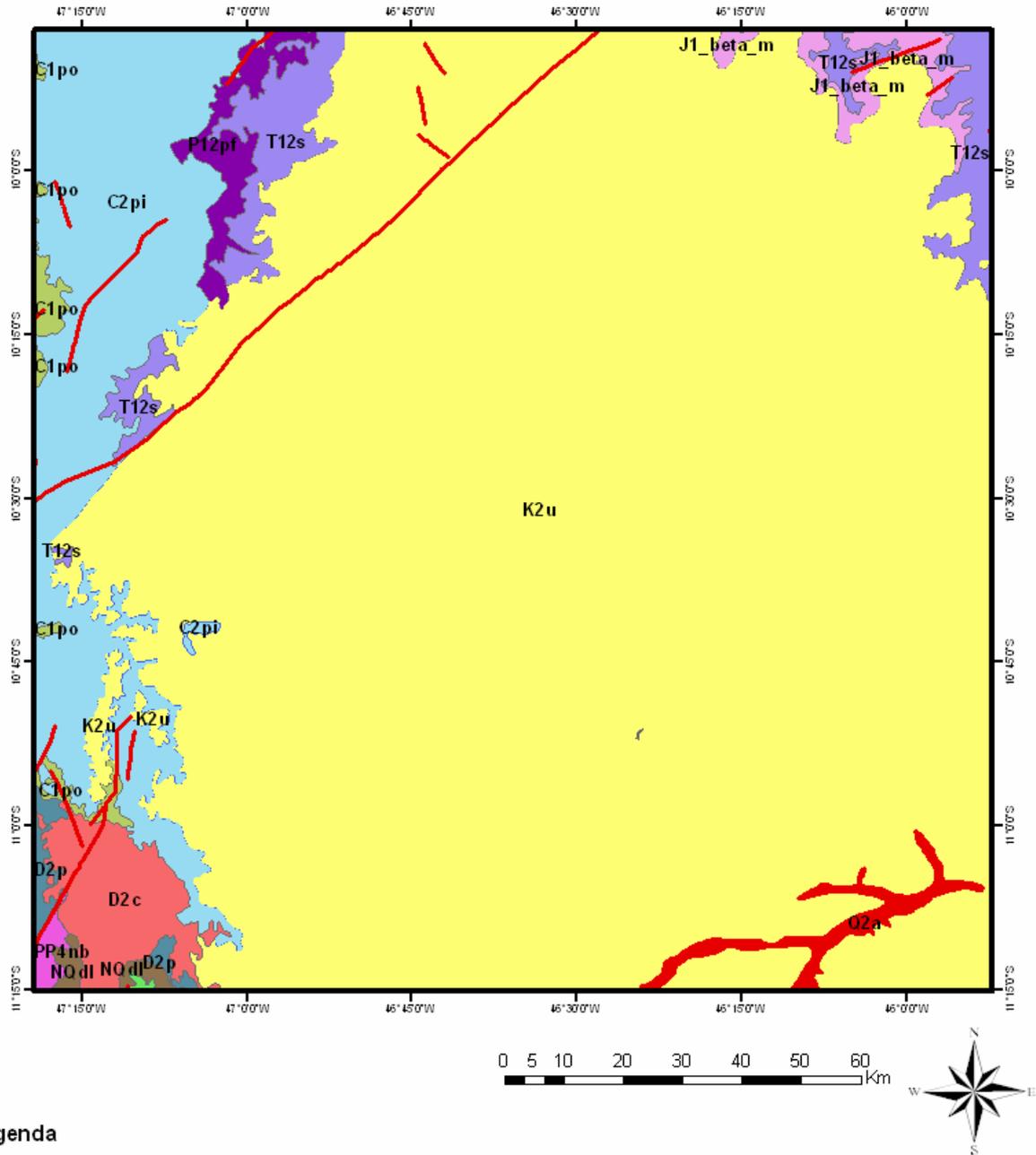
**Legenda**

**Geologia**

**Unidades Geológicas**

- |   |  |
|---|--|
|  C1po - Formação Poti          |  K2u - Grupo Urucuia                                |
|  C2pi - Formação Piauí         |  NQdl - Coberturas Detrito-lateríticas ferruginosas |
|  D2c - Formação Cabeças        |  P12pf - Formação Pedra de Fogo                     |
|  D2p - Formação Pimenteiras    |  PP12gm - Complexo Almas-Cavalcante                 |
|  J1_beta_m - Formação Mosquito |  PP4nb - Grupo Natividade - Unidade B               |
|   |  Q2a - Depósitos Aluvionares                        |
|   |  T12s - Formação Sambaíba                           |
|   |  Lineamentos Estruturais                            |

**Figura 2 – Mapa geológico sobreposto à imagem SRTM da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno. (Adaptado de CPRM, 2004)**



**Legenda**

**Geologia**

**Unidades Geológicas / Material de Origem**

- C1po - Sedimentar Clástica Fina
- C2pi - Sedimentar Clástica Fina / Sedimentar Químico Carbonático
- D2c - Sedimentar Clástica Fina / Arenosa
- D2p - Sedimentar Clástica Fina
- J1\_beta\_m - Ígnea Vulcânica / Sedimentar Clástica Arenosa

- K2u - Sedimentar Clástica Arenosa
- NQdl - Laterita / Sedimentos Inconsolidados
- P12pf - Sedimentar Clástica Fina / Sedimentar Químico / Sedimentar Biogênica
- PP12gm - Ígnea Plutônica / Metamórfica - Metamorfismo Regional
- PP4nb - Metamórfica - Metamorfismo Regional
- Q2a - Sedimentar - Sedimentos Inconsolidados
- T12s - Sedimentar Clástica Arenosa
- Lineamentos Estruturais

**Figura 3 – Unidades Geológicas / Material de Origem da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno (Adaptado de CPRM, 2004)**

## **2.4 – Geomorfologia**

A região do Parque Estadual do Jalapão está inserida no domínio morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares Associadas. A área corresponde ao arcabouço geológico formado pelo preenchimento de bacias cratônicas e intracratônicas compostas de litologias mesozóicas e/ou paleozóicas. A área em estudo insere-se no domínio morfoestrutural da Bacia Sedimentar do São Francisco e do Parnaíba, na região geomorfológica Patamares e Serras dos Rios São Francisco e Tocantins, na unidade geomorfológica Patamares Leste do Tocantins. (IBGE, 1997).

Embora inserida no domínio morfoestrutural da Bacia Sedimentar do São Francisco e do Parnaíba, sua rede de drenagem pertence à bacia do rio Tocantins. Isso quer dizer que em suas origens os sedimentos da Formação Urucuia que compõem a área, pertencem tanto à bacia sedimentar do São Francisco quanto do Tocantins, em continuidade geográfica, apesar de representarem duas bacias hidrográficas distintas. (NATURATINS, 2003).

A região geomorfológica Patamares e Serras do São Francisco e Tocantins, diz respeito às duas bacias hidrográficas que apresentam similaridade geomorfológica em decorrência da esculturação das formas em mesmo tipo de litologia. Tal denominação é dada à região por apresentar formas correspondentes a superfícies planas, em formatos de chapadas, cujas continuidades são cessadas por escarpas que localmente recebem a designação de serras. (NATURATINS, 2003).

A Chapada das Mangabeiras no limite com os estados da Bahia, Maranhão e Piauí, por exemplo, se configura numa extensa superfície plana, que em tempos pretéritos, era ainda maior e se estendia por onde hoje se localiza a região do Jalapão. Essa região geomorfológica, por sua vez, divide-se, na área em questão em duas unidades geomorfológicas, os Patamares Leste do Tocantins e o Planalto Residual do Tocantins.

A discussão a seguir sobre a unidade Patamares Leste do Tocantins foi realizada através de um consórcio entre a Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAN) do Estado do Tocantins e pelo Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) durante a realização do Plano de Manejo do Parque Estadual do Jalapão. Sua explicação e entendimento são de grande importância no presente trabalho.

#### **2.4.1 – Patamares Leste do Tocantins**

O Parque Estadual do Jalapão localiza-se integralmente na unidade geomorfológica Patamares Leste do Tocantins, sendo seus limites geográficos formados, em sua maioria, pela rede de drenagem regional. Compreende a área delimitada pelo rio Novo a oeste e sudoeste e pelo rio Soninho e seus afluentes a norte e a leste. Ao sul, seus limites se fazem na parte superior da escarpa da Serra do Espírito Santo, próximos à margem do rio Preto.

Dois níveis altimétricos distintos diferenciam a unidade: o nível mais baixo, entre 400 e 500 metros, e o nível mais elevado, o das serras, entre 700 e 790 metros. Ambos são entalhados sobre arenitos cretáceos da Formação Urucuia, formada por uma sucessão de camadas de arenitos de cores variadas, de sedimentação eólica e lacustrina, com estratificações cruzadas ou laminares (ZEE, 2002).

Os dois níveis altimétricos que formam a unidade na área do Parque Estadual do Jalapão foram estabelecidos sobre essa seqüência de arenitos de origem eólica e lacustre, durante as mudanças climáticas que atuaram por sobre todo o continente sul americano.

Durante as fases climáticas secas, o relevo esculpido sobre esse pacote sedimentar arenoso era aplanado por processos de intemperismo físico, originando extensas superfícies planas. Durante as fases climáticas úmidas o intemperismo químico atuando sobre o pacote rochoso, e a rede de drenagem mais robusta, entalhava verticalmente a paisagem, dando origem aos vales e as atuais serras. (Fernandes, 1982).

A sucessão alternada desses tipos climáticos sobre os arenitos da Formação Urucuia originou o relevo atual, caracterizado por extensa e contínua superfície plana no nível altimétrico mais baixo (entre 400 e 500 metros) e por um conjunto de relevos residuais de topos planos e dimensões variadas, no nível mais elevado (700 e 790 metros). Esses relevos residuais recebem o nome de Serra do Espírito Santo, Serra da Jalapinha e Serra do Porco (**foto 3**), além de muitos outros residuais sem nomes específicos.



Foto 3: Vista parcial da Serra da Jalapinha – TO

#### **2.4.1.1 – Nível Superior dos Patamares do Tocantins**

Na área do Parque Estadual do Jalapão, três relevos testemunhos, ou residuais, se destacam: a Serra do Espírito Santo, a Serra da Jalapinha e a Serra do Porco, todas de topo plano, entre 770 e 798 metros de altitude, representando antigas superfícies de erosão.

A Serra do Espírito Santo ocupa a porção sudoeste do Parque e se destaca por sua grande dimensão espacial: aproximadamente 22 km de comprimento por 9 km de largura em sua parte mais ampla. Sua altitude máxima chega a 798 metros, mas a superfície plana de topo encontra-se entre 763 e 798 metros. Encontra-se completamente cercada por escarpas erosivas, que chegam a ter de 250 a 290 metros de altura. Esse caráter altimétrico faz da serra um precioso divisor de águas das bacias do ribeirão Brejão, a leste, do rio Novo a oeste, do rio Preto ao sul. Todos os afluentes de primeira ordem dessas sub-bacias hidrográficas têm suas origens na escarpa dessa serra, a maioria deles de caráter intermitente, já que servem de escoamento para as águas pluviais, portanto, contém água apenas no período chuvoso, que na região vai

de novembro a abril. O escoamento dessa água abre ravinas na escarpa, o que a torna bastante vulnerável aos processos erosivos.

Outra serra que individualiza o nível superior do relevo da área é a Serra da Jalapinha, situada a noroeste do Parque Estadual do Jalapão, com aproximadamente 7,5 km de comprimento no sentido leste-oeste e 4,5 km no sentido norte-sul. Suas altitudes, à semelhança da Serra do Espírito Santo, situam-se entre 770 e 780 metros. O material rochoso de que é constituída é o mesmo do que o daquela, ou seja, Formação Urucuia, e os processos morfogenéticos responsáveis por sua elaboração são também os mesmos, o que comprova mais uma vez a continuidade pretérita dessas serras, separadas espacialmente por processos morfogenéticos.

Entre a Serra da Jalapinha e a Serra do Espírito Santo, encontra-se a Serra do Porco, que dada à proximidade com a última, expressa também antiga ligação. Suas dimensões espaciais são menores do que as das serras anteriores, ficando em torno de 3,5 km no sentido nordeste - sudoeste e 500 metros no sentido leste-oeste. A faixa escarpada ravinada situa-se em torno de 500 a 800 metros em toda a sua volta, e assim como as anteriores, além dessa faixa, exibe grande quantidade de residuais à sua volta. Abriga, nessa faixa escarpada, cursos de primeira ordem, formadores dos córregos Mumbuca, afluente do ribeirão Brejão, e o córrego Engasga, afluente do Ribeirão. Uma das nascentes do Ribeirão foi a responsável pela separação entre a serra do Porco e a do Espírito Santo.

Essas três serras representam, portanto os vestígios da camada rochosa superior da Formação Urucuia, que recobria a maior parte da área do Parque Estadual do Jalapão. Grande quantidade de relevos residuais de menor porte revela também a antiga extensão dessa camada arenítica por sobre toda a área de nível inferior dos Patamares do Tocantins, no Parque Estadual do Jalapão.

#### ***2.4.1.2 – Nível Inferior dos Patamares do Tocantins***

Como já foram observados, dois níveis altimétricos distintos caracterizam a unidade: o nível da superfície mais elevada, o das “serras”, entre 700 e 790 metros, e o nível da superfície mais baixa, entre 400 e 500

metros. O nível inferior ocupa toda a área de “piso” do Parque Estadual do Jalapão, e é nele que se localizam as serras anteriormente analisadas.

Esse nível apresenta relevo plano, com vários índices de dissecção em amplas formas tabulares e convexas, cuja rede de drenagem apresenta padrão dendrítico e paralelo. As formas tabulares predominam em área, enquanto que as formas convexas ocorrem, principalmente, ao longo dos rios mais importantes.

Algumas feições geomorfológicas importantes e interessantes caracterizam essa superfície mais baixa dos Patamares do Tocantins. Uma delas diz respeito às áreas de acumulação. Ao longo do rio Novo, no extremo sudoeste do Parque Estadual do Jalapão, existe uma pequena e peculiar área de acumulação arenosa.

A presença de dunas nessa pequena região da área de estudo é atípica. Formas elaboradas pelo vento raramente são preservadas ao longo do tempo por causa da destruição por processos fluviais. Elas provavelmente devem ter sido formadas por areias arrancadas das escarpas da serra do Espírito Santo. **(Foto 4).**



**Foto 4: Área de acumulação arenosa – Dunas – PEJ – TO (autor desconhecido)**

Há evidências da estreita relação entre a escarpa erodida da Serra do Espírito Santo e as dunas. A coloração de ambas e sua proximidade espacial (em torno de 200 metros entre o alto da escarpa e o início das dunas) são indicativas para se estabelecer essa relação entre a escarpa como fornecedora de sedimentos e as dunas como áreas de acúmulo desses sedimentos. Outro aspecto para corroborar essa hipótese é a presença de um imenso aposento na escarpa, formado pela retirada de sedimentos arenosos. Há uma diferença significativa de altitude entre o alto da escarpa (700 metros) e o início das dunas (500 metros), que serviriam como depósitos de material arenoso provindo da escarpa (NATURATINS, 2003).

Sobre as dunas, marcas de ondulações da areia pelo vento são nítidas, confirmando a idéia de que se trata de dunas recentes, elaboradas pela ação do vento numa determinada direção e pelo material arenoso fornecido pelas escarpas da serra.

O lado noroeste das dunas mostra alguns pontos com indício de estabilização, dada a presença de vegetação gramínea (**foto 5**). Na face sul das dunas, pôde-se observar que as águas rasas do córrego das Areias solapam suas faces que desestabilizadas, apresentam movimentos de massa, expressos por deslocamentos contínuos de areia. Inúmeras outras dunas existem na área, mas todas recobertas por vegetação rasteira, portanto já estabilizadas ou em processo de estabilização.



**Foto 5: Área Dunas com indícios de estabilização devido à presença da vegetação**

## CAPÍTULO III

# OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E DETERMINAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

### *3.1 – Processamento Digital de Imagens SRTM*

As representações do relevo são provenientes dos dados altimétricos obtidos convencionalmente, através das cartas topográficas ou diretamente por restituição aerofotogramétrica. Na grande maioria das vezes é necessária a árdua tarefa de digitalização das curvas de nível e pontos cotados para a geração dos MDE na elaboração dos mapas morfométricos.

Dentro desse contexto, existem várias opções de produtos que podem ser utilizados para a geração de um Modelo Digital de Elevação. Dentre uma ampla oferta de produtos, o SRTM foi o escolhido como base de trabalho para o desenvolvimento dessa pesquisa.

O SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) é um projeto conjunto entre a NIMA (National Imagery Mapping Agency) e a NASA (National Aeronautics and Space Administration). Neste projeto produziram-se dados digitais da topografia de 80% da superfície terrestre (área contida entre as latitudes 60°N e 56°S). Os dados foram coletados a cada 1 (um) arco de segundo (aproximadamente 30 metros) numa grade de latitude/longitude (Smith & Sandwell, 2003; Rosen et al. 2001a ,b).

O SRTM não é o nome de um satélite, mas de uma missão espacial liderada pela NASA com parceria das agências espaciais da Alemanha (DLR – Deutsche Zentrum für Luft-und Raumfahrt) e Itália (ASI – Agenzia Spaziale Italiana), realizada durante 11 dias do mês de fevereiro de 2000 visando gerar um modelo digital de elevação quase-global. Corresponde a um radar (SAR) a bordo do ônibus espacial Endeavour, que adquiriu dados sobre mais de 80% da superfície terrestre, nas bandas C e X e fazendo uso da técnica de interferometria.

Seus arquivos MDE (modelos digitais de elevação), gerados a partir de radar, estão gratuitos na internet com resolução 90 x 90 metros, com datum

horizontal WGS84 e datum vertical WGS84/EGM96, com acuidade vertical relativa na ordem de 5 metros (Smith & Sandwell, 2003; Rosen et al. 2001a ,b).

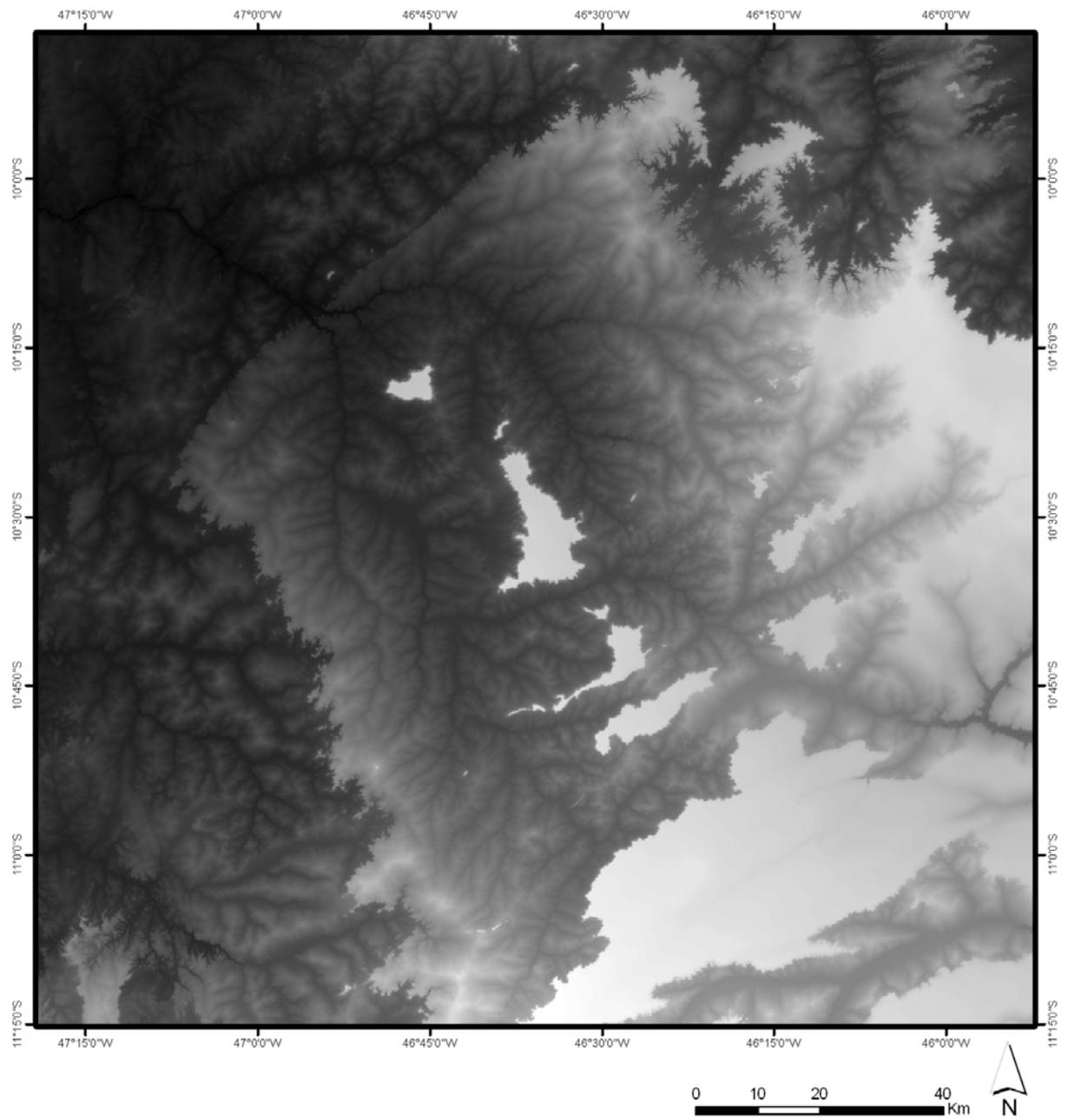
As informações obtidas a partir do SRTM utilizam-se de uma tecnologia denominada interferometria de radar, em que duas imagens são adquiridas a partir de pontos de vista diferentes, permitindo a determinação da altimetria pixel a pixel (Pinto et al., 2004)

Os dados SRTM geram MDEs de alta qualidade apresentam falhas como: a falta de dados em algumas áreas (buracos); a presença de picos (valores extremamente altos) e vórtices (valores extremamente baixos), e uma má definição dos corpos d'água e das linhas de costas (Jarvis et al., 2004; Kaab, 2005; Lu et al., 2004; Rabus et al., 2003).

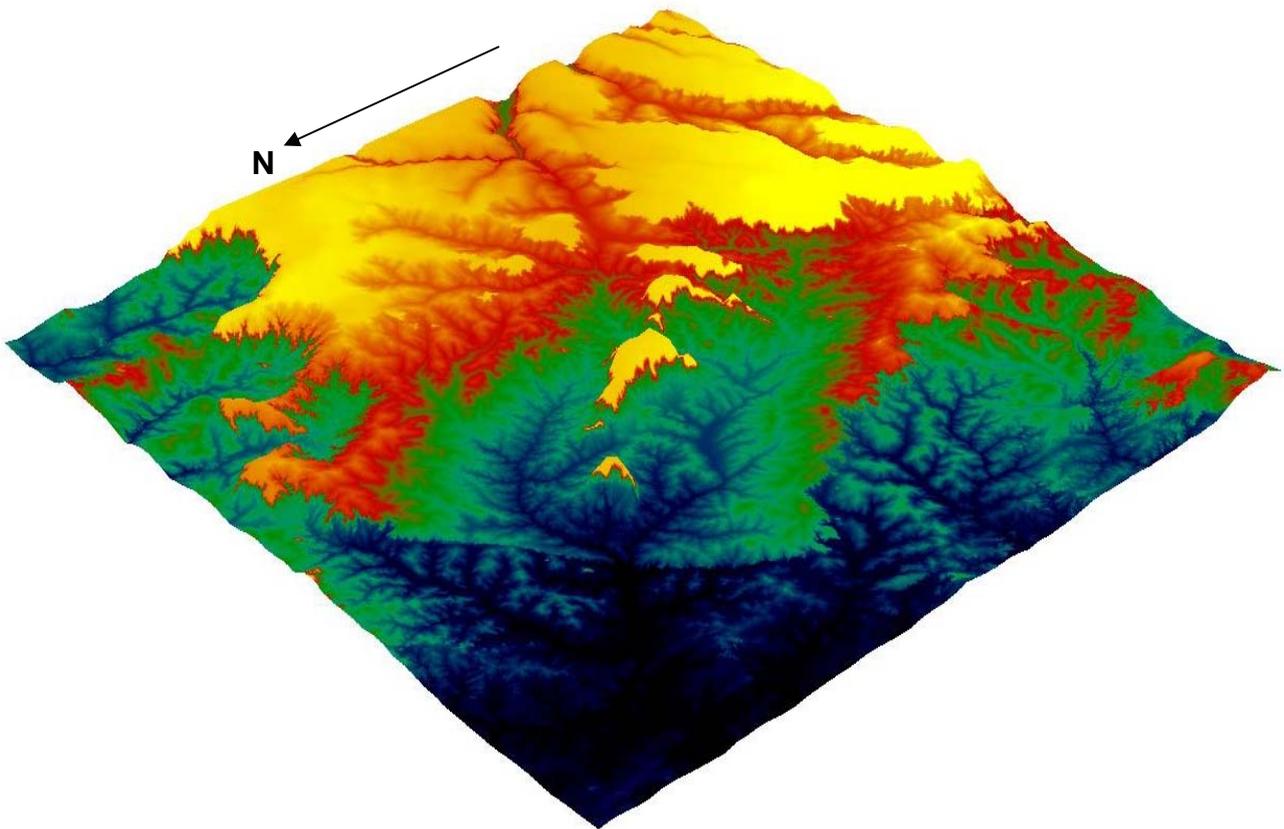
Para solucionar o problema da inexistência de dados foram realizados os seguintes procedimentos computacionais: interpolação da imagem SRTM para preencher os buracos através do método de Krigagem (Jarvis et al., 2004; Valeriano, 2004) e a minimização dos efeitos de picos e vórtices pelo emprego de filtros espaciais, onde a filtragem proporciona uma suavização generalizada no relevo, por não distinguir os elementos naturais e antrópicos (árvores, pontes, torres, entre outros) das feições reais, causando assim uma impressão falsa da topografia (Valeriano, 2004).

A Krigagem é uma série de técnicas de análise de regressão que procura minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio que leva em conta a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço. (Souto & Dornelles, 2003). Parte do princípio que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados. Utilizando-se dessa técnica pode-se, preencher as depressões espúrias corrigindo os buracos existentes na imagem.

A oportunidade de se ter o produto MDE já disponível reduz significativamente o trabalho de construção destes mapeamentos (**figura 4**), uma vez que o SRTM permite gerar o modelo em 3D automaticamente no ambiente computacional (**figura 5**).



**Figura 4 – Mosaico SRTM da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno**

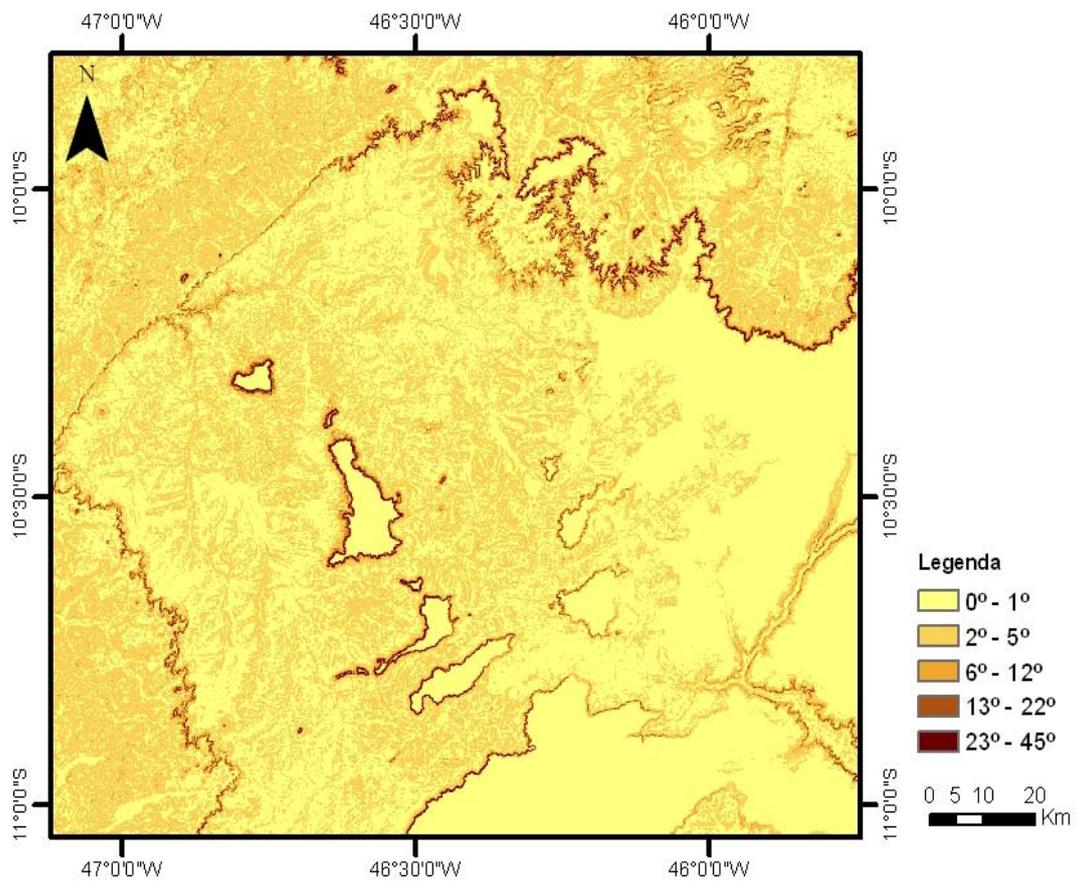


**Figura 5 – MDT 3D da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno**

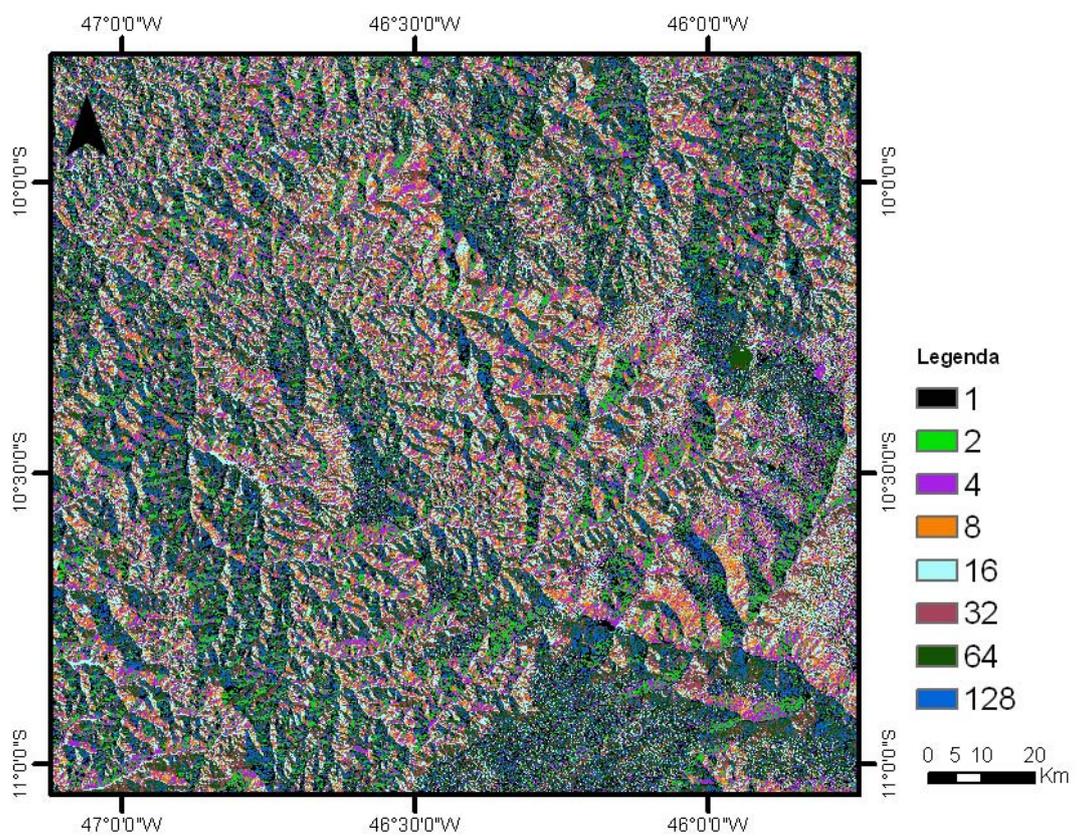
A partir do mosaico de imagens SRTM e de seu tratamento computacional, foram confeccionados os mapas derivados de: declividade (**figura 6**), direção de fluxo (**figura 7**) e fluxo acumulado (**figura 8**).

O relevo apresenta declividade de plana a forte ondulado. A declividade foi classificada como: 0° a 1°, plano; 2° a 5°, suave; 6° a 12°, suave ondulado; 13° a 22°, ondulado; 23° a 45°, forte ondulado. O mapa de declividade reforça a existência de padrões de relevo distintos nos testemunhos residuais e na Chapada das Mangabeiras, que possuem declividade inferior a 1°, caracterizando a existência de um relevo plano com escarpas em seus limites.

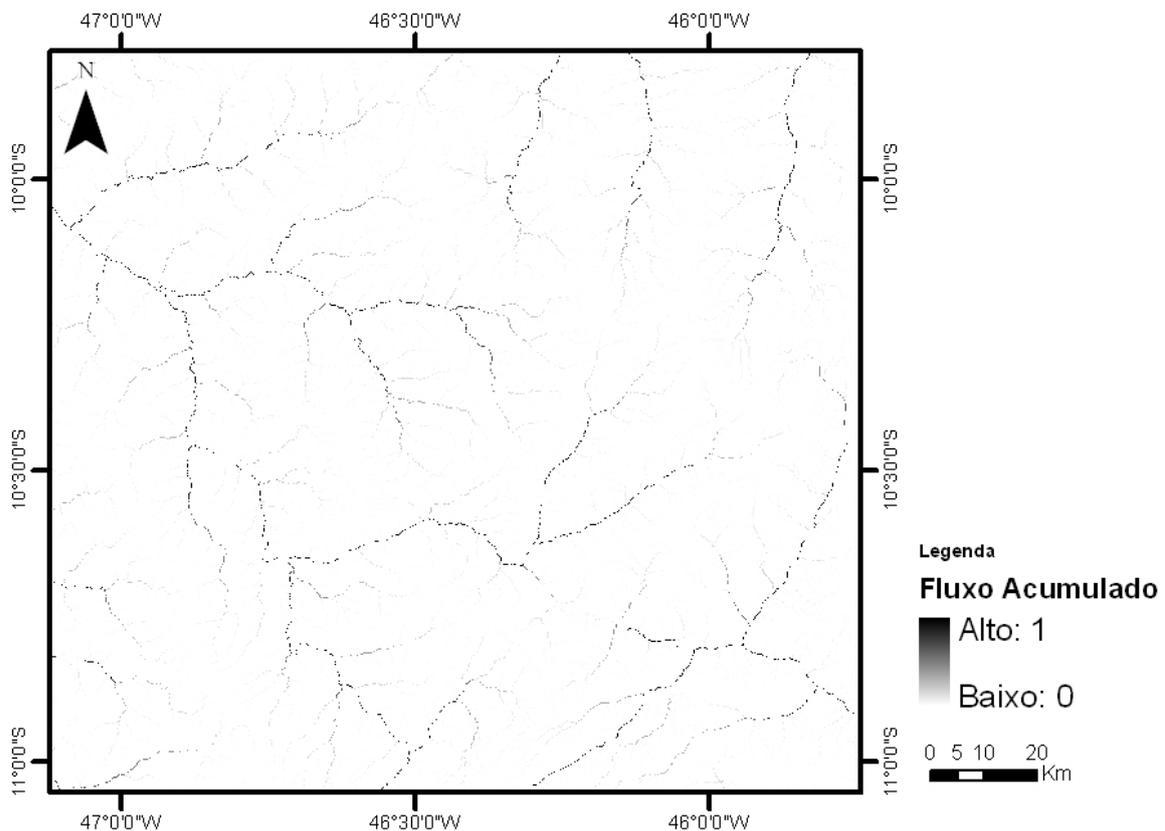
As análises de terreno que são baseadas em Modelos Digitais de Elevação podem ser desenvolvidas pelo uso da hidrografia. Processos hidrológicos são fundamentalmente diferentes nas encostas e nos canais. Nos canais, o fluxo é concentrado e nas encostas o fluxo é disperso.



**Figura 6 – Mapa de Declividade do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno**



**Figura 7 – Direção de Fluxo da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno**



**Figura 8 – Fluxo Acumulado da Região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno**

### **3.2 – Determinação das Bacias Hidrográficas**

Bacia hidrográfica é um sistema que forma as drenagens de acordo com o formato do relevo, É limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, concentrando-os em uma seção fluvial única. Segundo Christofolletti (1975), o limite da bacia obedece a parâmetros topográficos, onde se traça uma linha imaginária pelos pontos mais elevados do terreno, atravessando o curso d'água apenas na nascente.

A nascente pode ser demarcada na junção de dois cursos d'água ou considerando especificações arbitrárias. Contudo, algumas metodologias para a delimitação de bacias de drenagens existentes são realizadas sem considerar uma severidade geomorfológica, como é o caso do método por equidistância, onde o divisor d'água se encontra na distância média entre os trechos da rede hidrográfica não avaliando as curvas de nível e os pontos cotados. (Oliveira, 2008). Um aprimoramento para a delimitação das bacias de

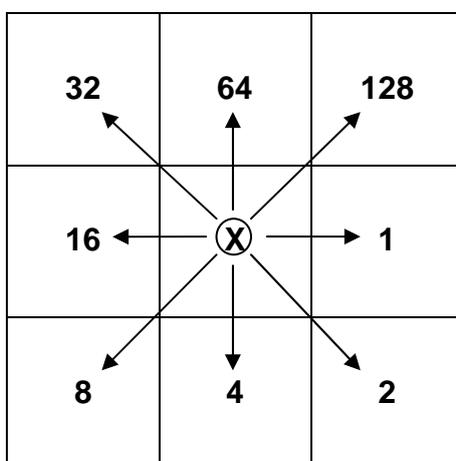
drenagem é obtido aplicando técnicas computacionais (Martz & Garbrecht, 1992, 1993; Martz & De Jong, 1988).

Para a geração dos divisores de bacias da área de estudo, foi necessário obter os dados de altimetria para a composição da base cartográfica. Os softwares utilizados para atividades relacionadas ao processamento dos dados foram o Envi 4.3 e o ArcGIS 9.2, que são fundamentais para o processamento das imagens e das informações espaciais.

Para se determinar os divisores, levou-se em consideração a necessidade de que o Modelo Digital de Terreno atendesse algumas exigências, principalmente quanto a sua consistência hidrológica, ou seja, para que se represente adequadamente o relevo da região em estudo, de modo a permitir uma apropriada simulação dos processos hidrológicos ocorrentes na área.

Primeiramente, foi realizado uma série de procedimentos para a correção do Modelo Digital de Terreno. Inicialmente, foi acionada a extensão *Spatial Analyst Tools – Hydrology*. Esta ferramenta permite utilizar o comando *Fill*, que executa a tarefa de percorrer o modelo em busca das depressões espúrias de modo que estas sejam eliminadas permanentemente.

Para se calcular a direção de fluxo, utilizou-se o comando *Flow Direction*, que segundo Zanetti (2004), calcula a direção do escoamento superficial através do método determinístico de oito células vizinhas (D8) (**figura 9**), avaliando, portanto, apenas uma das oito possíveis direções de escoamento para cada uma das células, onde o escoamento tenderá a fluir da maior declividade apresentada pela superfície do terreno.



**Figura 9 – Representação da Direção de Fluxo pelo método D8 (a direção se dá para a célula de menor altitude em relação à célula central)**

A direção de fluxo é o arquivo de entrada para se gerar o arquivo de fluxo acumulado, o qual representa a rede de drenagem. As bacias hidrográficas são definidas espacialmente pelas propriedades geomorfológicas da rede de drenagem (Dias et al, 2004).

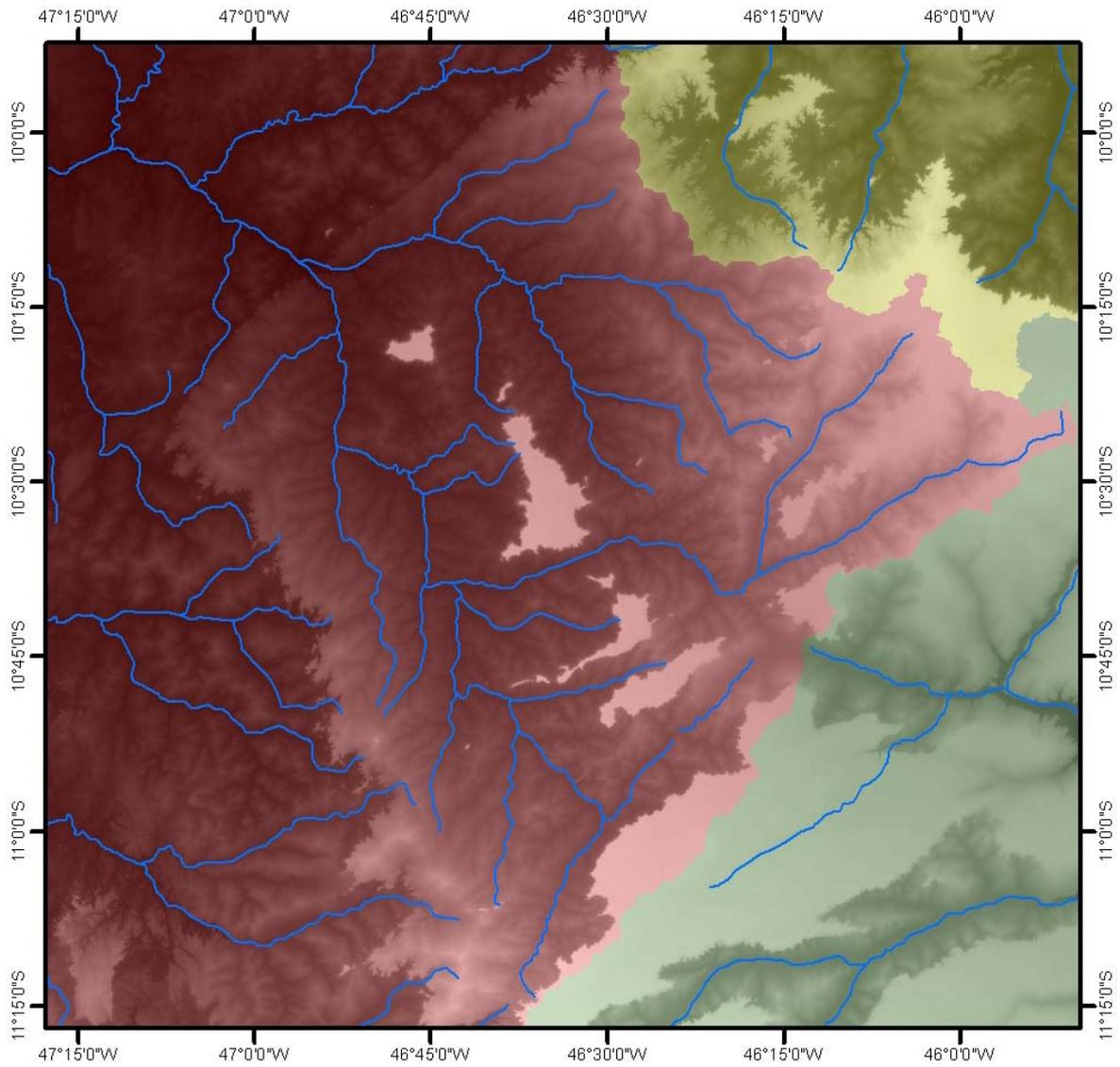
Os dados relativos a fluxo acumulado, sob o ponto de vista da hidrologia, significam uma integração entre o fluxo superficial e subsuperficial da água a montante de um determinado ponto no terreno. A partir da direção de fluxo, o fluxo acumulado é obtido somando-se a área das células (quantidade de células) na direção do fluxo (ou escoamento) (Mendes & Cirilo, 2001).

O próximo passo foi aplicar o comando *Flow Accumulation*. Este procedimento é necessário para que o número de células localizadas a montante de cada célula seja calculado, obtendo-se o escoamento superficial acumulado para cada uma delas. O escoamento acumulado aumenta à medida que a área da bacia de contribuição aumenta, ou seja, o seu valor torna-se maior ao longo de cada célula do caminho do escoamento preferencial. (ZANETTI, 2004).

A rede de drenagens de uma bacia hidrográfica reflete o arcabouço geológico (litológica e tectônica), a evolução morfológica regional, o clima e as intervenções antrópicas. O uso das terras é a principal atividade humana que afeta a hidrografia de uma bacia, definindo diferentes padrões ou modelos de drenagem básicos (dendrítico, paralelo, retangular, treliça, radial e anelar) e combinações de padrões. (Cunha, 1994; Alcântara e Amorim, 2005).

Após a geração dos mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado, pode-se então processar estes dados e se obter a geração das bacias hidrográficas que cobrem a área do MNT. O tamanho (área) das bacias a serem geradas é função da quantidade de células que deverão ser processadas.

Dentro desse contexto, a análise dos elementos hidrológicos e sua interpretação permitiram a partir dos modelos gerados, fazer a compartimentação hidrográfica da região. Três importantes bacias brasileiras foram destacadas na região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno: Tocantins-Araguaia, que predomina na região do estudo; São Francisco, presente principalmente na porção sudeste da área e; Parnaíba, presente na porção nordeste da área de estudo. (**Figura 10**).

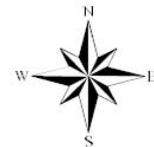
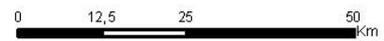


**Legenda**

**Bacias Hidrográficas**

**Limites**

- Tocantins - Araguaia
- São Francisco
- Parnaíba



**Figura 10 – Principais Bacias Hidrográficas da Região do Parque Estadual do Jalapão – TO, sobre imagem SRTM.**

## CAPÍTULO IV

# ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA

### ***4.1 – Captura de Drenagens***

Captura fluvial corresponde ao desvio natural das águas de uma bacia hidrográfica para outra, promovendo a expansão de uma drenagem em detrimento da vizinha. Ela pode ocorrer por meio da absorção, do recuo das cabeceiras, do planamento lateral, do transbordamento ou do desvio subterrâneo (Christofolletti, 1975).

Summerfield, (1991), argumenta que a captura de rios é um importante processo no desenvolvimento da drenagem em geral. As capturas ocorrem quando rios erodem mais agressivamente do que outros adjacentes e captam parte da descarga desses por intersecção dos seus canais. A grande taxa de erosão dos rios capturantes ocorre devido aos seus maiores gradientes-descargas, bem como pelo fato de erodirem pacotes de baixa resistência ou pela combinação desses fatores.

Quando a captura ocorre por absorção, há a captação de águas por determinados rios em detrimento dos adjacentes, devido à competição que se estabelece ao longo de uma superfície, pois alguns rios entalham mais rapidamente que outros, alargando seus vales, que passam a englobar os cursos laterais (Christofolletti, 1975).

O recuo das cabeceiras ocorre quando dois rios adjacentes estão localizados em altitudes diferentes e os tributários do curso mais baixo provam a erosão regressiva de suas cabeceiras, atravessando o interflúvio e capturando o curso de água localizado em nível mais alto. O rio que capta é chamado de captador, capturador ou beneficiário; a parte montante do curso captado é chamada de capturada ou decapitada.

A captura também pode resultar de aplanamento lateral, em que o rio principal pode cortar o interflúvio que o separa do tributário e desviar a parte montante do mesmo, deixando seco o vale localizado na parte jusante do curso capturado.

A captura por transbordamento realiza-se quando um curso d'água entulha seu leito por receber muitos sedimentos, elevando-o até um nível superior ao dos colos mais baixos que separam seu vale dos adjacentes.

A captura subterrânea ocorre em áreas de rochas carbonáticas ou em áreas de rochas solúveis.

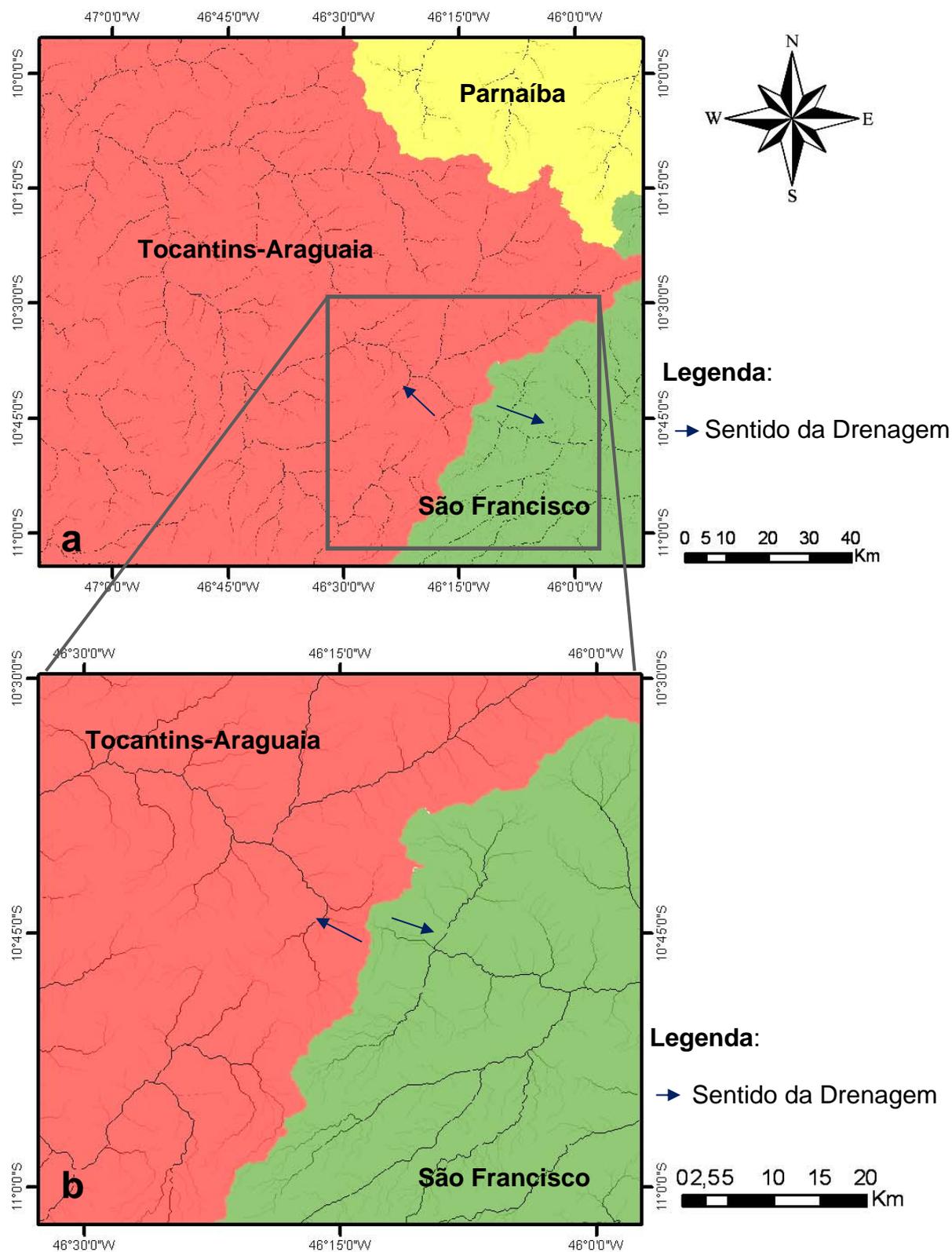
No prognóstico para a evolução geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão e entorno, infere-se que a erosão regressiva do Grupo Urucuia vai, futuramente, atacar a escarpa da Serra das Mangabeiras. Nesse caso, o corredor existente entre a bacia do Tocantins-Araguaia e a bacia do São Francisco poderá ser palco de uma futura captura de drenagem.

Para compreender tais processos, deve-se considerar um clima seco, em que o efeito da variação da temperatura (alta temperatura durante o dia e baixa à noite) é responsável pela desagregação mecânica das rochas (termoclastia), cujos alvos principais são as saliências topográficas das vertentes, que vão gradativamente “encolhendo” ou recuando por desagregação à medida que os detritos das encostas caem pelo efeito gravitacional. Assim, a evolução do relevo ocorre no sentido horizontal. Persistindo clima árido ou semi-árido, existe uma tendência à destruição total das formas passadas, proporcionando o nivelamento da superfície em relação ao ponto de referência para o recuo paralelo (nível de base local ou regional), originando-se assim o pediplano (Cassetti, 1990).

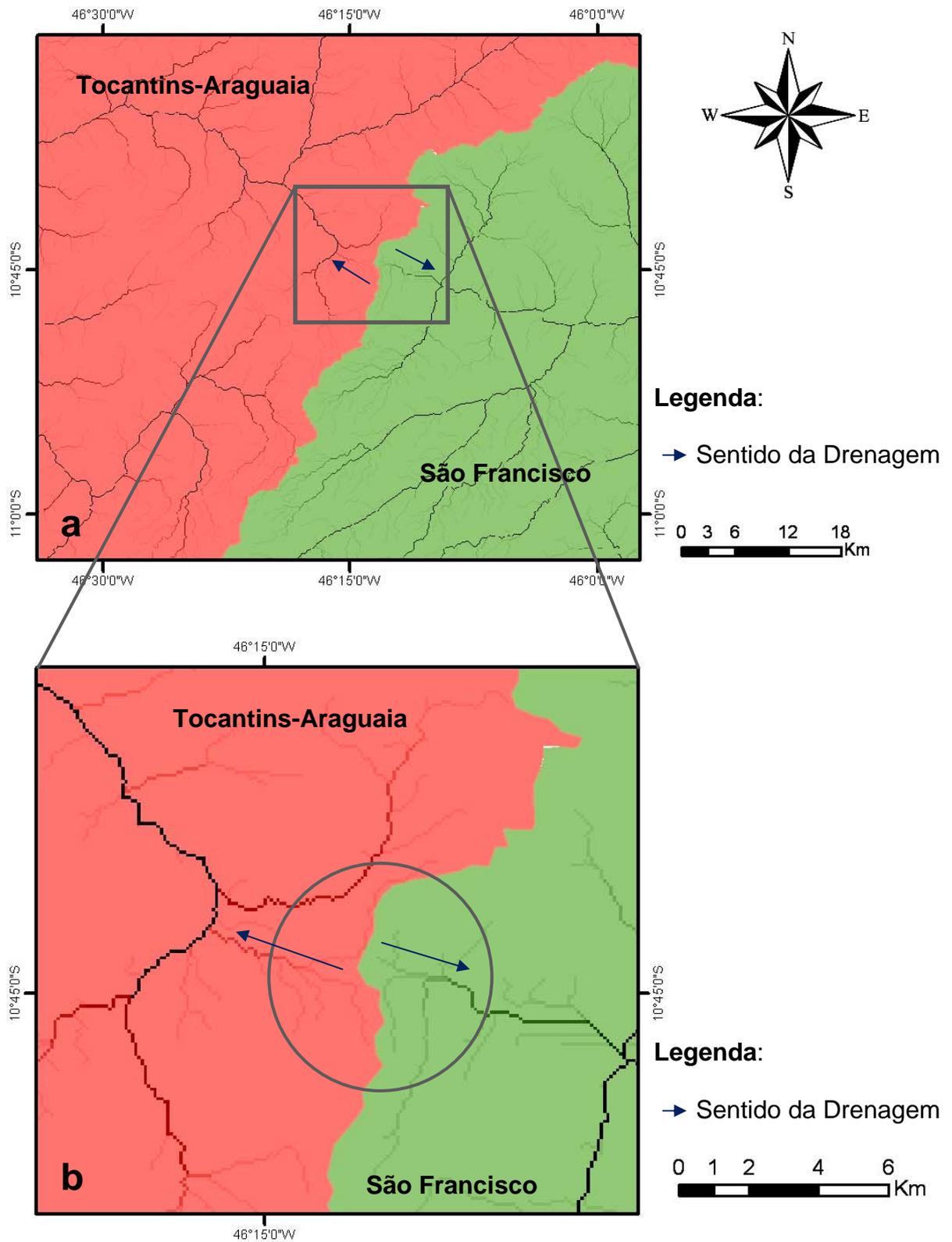
A paisagem a partir da qual se iniciou todo processo pode ser imaginada quando se analisa o relacionamento entre chapadas com cotas de até 800 metros e uma planície com capacidade de receber grande quantidade de sedimentos. A declividade e a amplitude de relevo, gerados pelos processos erosivos que ocorreram durante a modelagem do relevo, experimentaram uma diferença de potencial capaz de criar correntes de drenagem de alto poder erosivo e de transporte de material, pela transformação de energia potencial em energia cinética, fenômeno conhecido como “runoff” (Morisawa, 1968)

A drenagem resultante dessa diferença de potencial (Tocantins-Araguaia), por ter maior poder erosivo do que aquela de sentido oposto, resultante do suave mergulho das camadas sedimentares em direção ao eixo da bacia (São Francisco), pode vir a transpôr o divisor de águas entre elas, iniciando um processo de captura de drenagem.

Analisando as **figuras 11 e 12**, pode-se, então, estabelecer a relação entre as duas bacias hidrográficas que caminham para o processo de captura de drenagens: São Francisco (nível superior) e Tocantins-Araguaia (nível inferior), ambas formadas pelos arenitos do Grupo Urucuia. Observa-se que as drenagens da bacia do rio São Francisco têm suas nascentes no relevo cuestiforme da Chapada das Mangabeiras, fluindo nessa superfície.



**Figura 11 – (a) Divisores de Bacias hidrográficas: Tocantins-Araguaia, São Francisco e Parnaíba. (b) Área de possível captura de drenagem entre as bacias do Tocantins-Araguaia e São Francisco.**



**Figura 12 – (a) Divisores de Bacias hidrográficas: Tocantins-Araguaia e São Francisco. (b) Área de maior probabilidade de captura de drenagem da bacia do São Francisco pela bacia do Tocantins-Araguaia.**

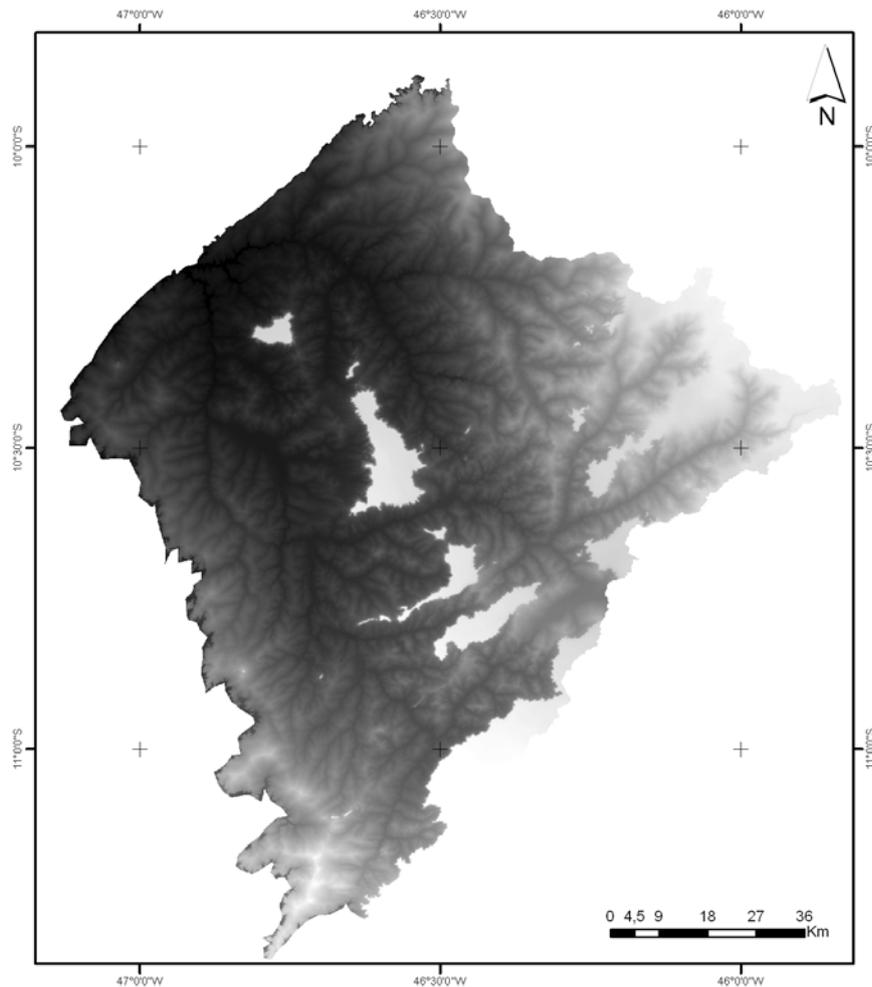
#### **4.1.1 – Padrões de Drenagem**

Ainda que localizada em bacias hidrográficas diferentes, a área de captura mostrou um padrão NW-SE tanto na bacia do Tocantins-Araguaia quanto na do São Francisco.

A geração automática da rede de drenagens da área de estudo foi feita por meio do método de Strahler, utilizando-se o algoritmo Terrain Analysis Using Digital Elevation Models - TauDEM (Tarboton, 2005). Nesse algoritmo, os dados de entrada são o MDT e a direção de fluxo pelo método D8 da rede de drenagem.

A bacia do Tocantins-Araguaia encontra-se presente tanto no Nível Inferior dos Patamares do Tocantins quanto no Planalto Residual do Tocantins. Um mosaico dessa bacia (**figura 13**) foi realizado com o intuito de interpretar melhor os padrões de drenagem (por meio do método de Strahler) apenas do nível inferior dos Patamares do Tocantins.

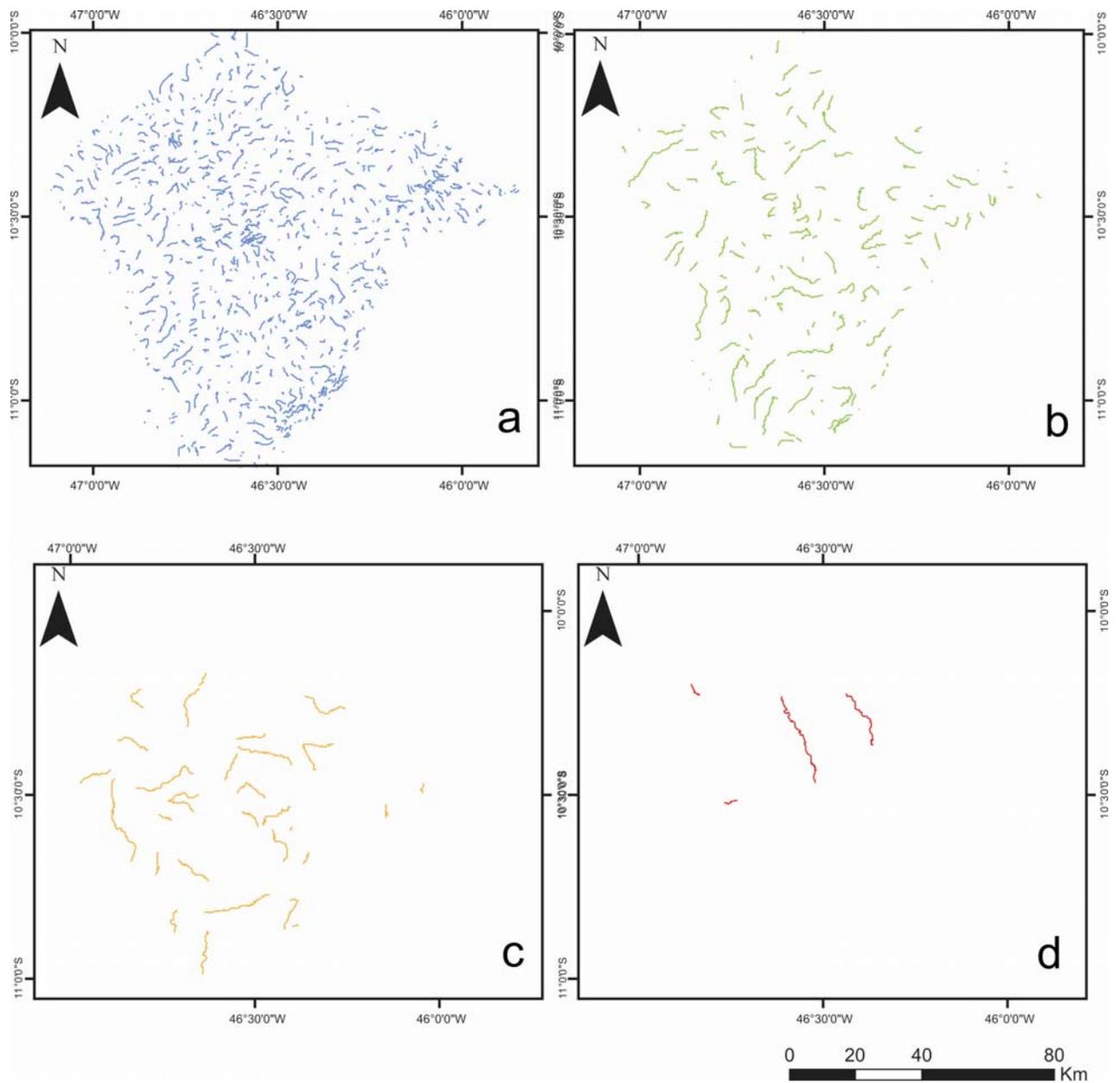
A delimitação automática das bacias de drenagem baseia-se nos segmentos das linhas das drenagens compatíveis com a hierarquia fluvial, gerando um polígono para cada segmento. (Oliveira, 2008). Foram geradas as redes de drenagem de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens para cada bacia hidrográfica presente na área de estudo (Tocantins-Araguaia, São Francisco e Parnaíba). (**Figuras 14, 15 e 16**).



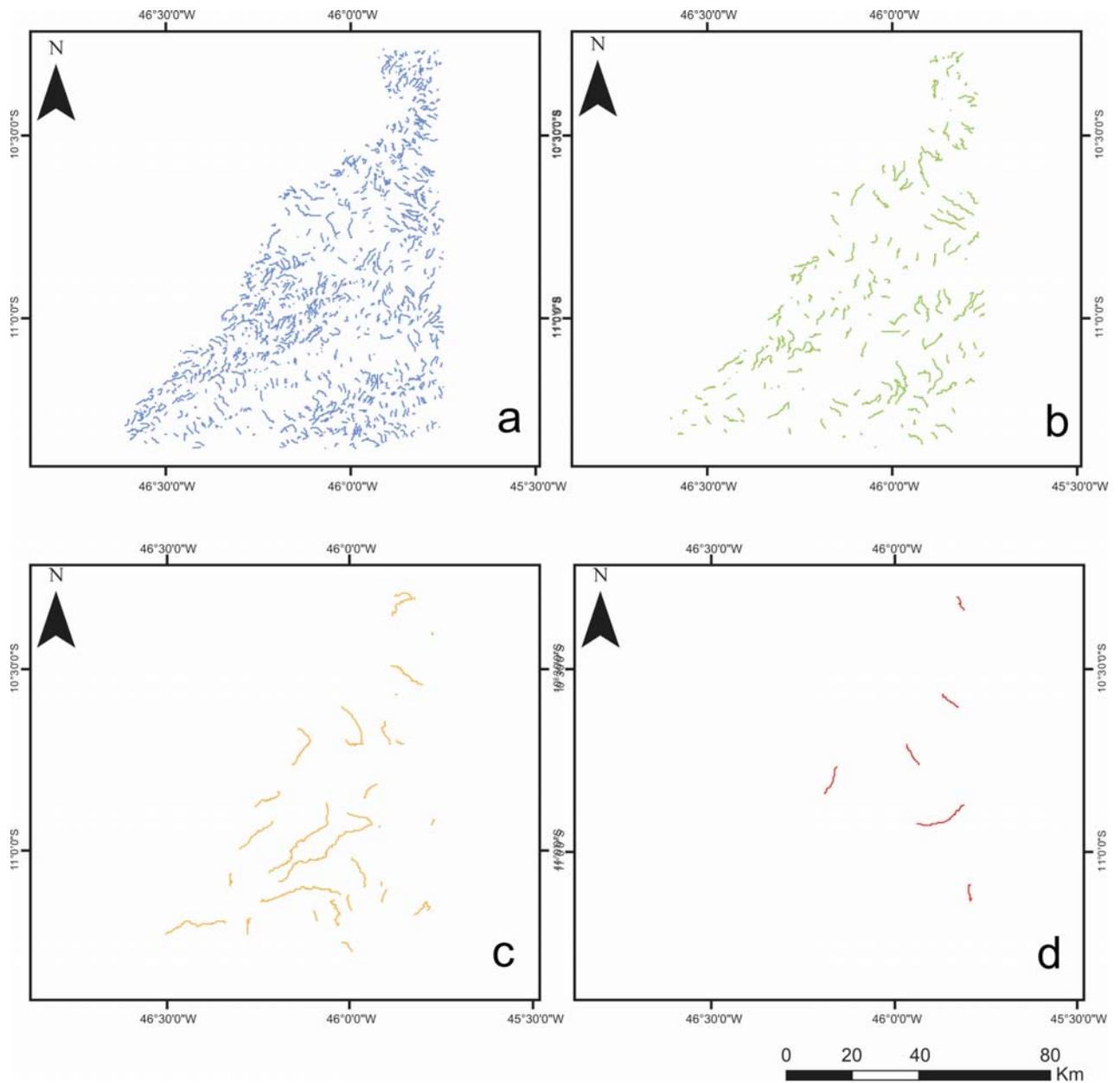
**Figura 13 – Recorte do SRTM da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia localizada no Nível Inferior dos Patamares do Tocantins**

Os resultados obtidos reforçam a tese de que a rede de drenagem responsável pelo entalhamento e diferenciação de feições geomorfológicas é controlada por fatores lito-estruturais. Esses foram identificados nas imagens de satélite Landsat TM+ e SRTM pela presença de lineamentos e padrões de drenagem diversificados.

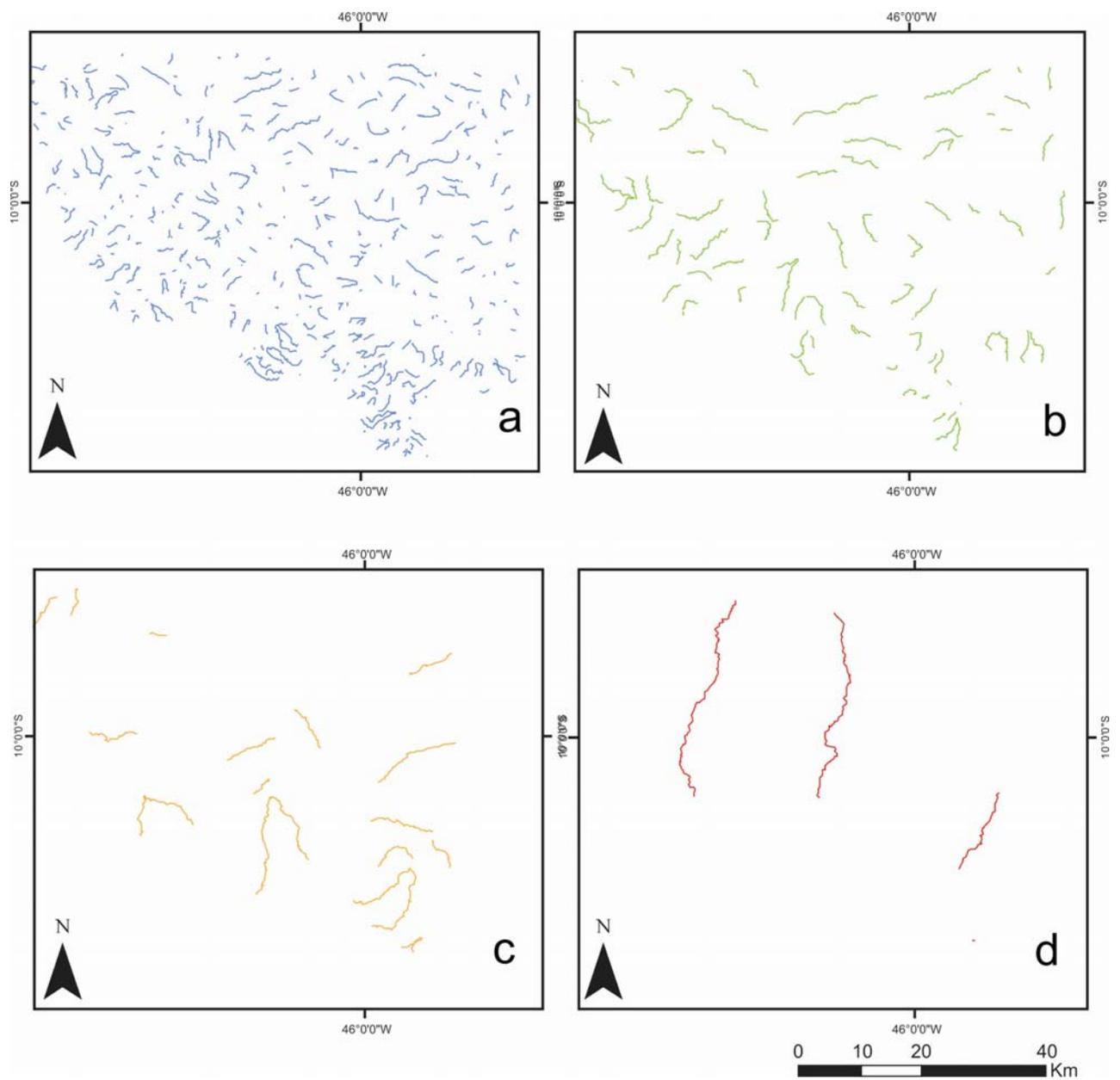
Para representar e classificar as variações na orientação das direções preferenciais das drenagens foram confeccionados os diagramas de rosetas. Esses diagramas mostram as variações das orientações agrupadas em classes, segundo a frequência de ocorrência em determinadas direções.



**Figura 14 – Segmentos da rede de drenagem da Bacia do Tocantins (recorte do SRTM) obtidos para delimitar as bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D)**



**Figura 15 – Segmentos da rede de drenagem da Bacia do São Francisco obtidos para delimitar as bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D)**



**Figura 16 – Segmentos da rede de drenagem da Bacia do Parnaíba obtidos para delimitar as bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D)**

#### **4.1.2 – Interpretação dos padrões de drenagem**

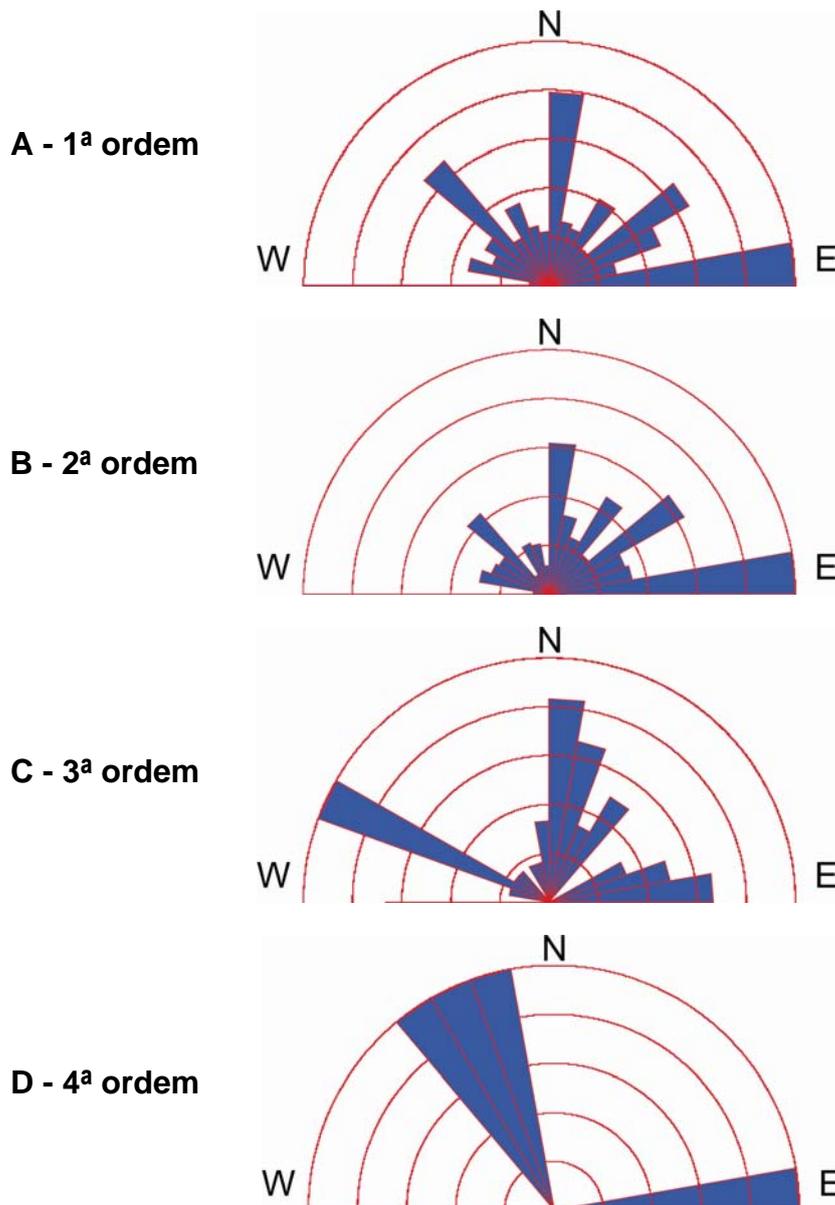
A drenagem é fortemente influenciada por dois fatores: climático e geológico, originando padrões de drenagem distintos na forma e na densidade. Existem vários padrões de drenagem, sendo que a maior parte desses padrões é condicionada à geologia da área: dendrítico, treliça, paralelo, retangular, radial, anelar.

Áreas com rochas e solos permeáveis, como os arenitos, apresentam drenagem com poucos talwegues; vales retilíneos isolados podem retratar estruturas de fraturas e de falhas em que as rochas são fraturadas, facilitando a penetração e percolação da água da chuva, que altera mais rapidamente as rochas que são aí erodidas. A resistência relativa das rochas determina o padrão de drenagem e arranjo das encostas e vales. Em consequência, pequenas bacias de drenagem são difíceis de serem mapeadas, enquanto que os grandes cursos d'água são mais facilmente mapeáveis. (Soares, 2004).

Os processos erosivos lineares observados na região apresentam controle natural. Esse controle natural é relacionado às zonas de fraquezas representadas pelas estruturas planares (fraturas, juntas e falhas de pequeno rejeito) que tendem a concentrar os escoamentos superficiais e subsuperficiais (fluxos superficial e interno), que são responsáveis pelo transporte de partículas, culminando com o desencadeamento de erosão superficial e subterrânea.

A dinâmica geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno deve ser entendida de forma integrada entre os processos intempéricos e a hidrologia da região, pois a capacidade de interferência entre eles é de vital importância para a definição da geomorfologia e do regime hidrológico das bacias envolvidas neste estudo. A análise das drenagens foi realizada por bacias hidrográficas: Tocantins-Araguaia, São Francisco e Parnaíba.

A bacia do Tocantins-Araguaia apresenta direção preferencial  $80^{\circ} - 90^{\circ}$  nas drenagens de primeira e segunda ordem. Nas drenagens de terceira ordem a direção preferencial é de  $290^{\circ} - 300^{\circ}$ . Nas drenagens de quarta ordem a direção preferencial varia entre  $320^{\circ} - 350^{\circ}$  e  $80^{\circ} - 90^{\circ}$ . A direção secundária  $0^{\circ} - 10^{\circ}$  é observada nas drenagens de primeira, segunda e terceira ordem. Nas drenagens de segunda ordem também se observa a direção secundária de  $50^{\circ} - 60^{\circ}$ . Nas drenagens de quarta ordem não se observa direção secundária (**figura 17**).



**Figura 17 – Diagrama de Roseta da Bacia do Tocantins-Araguaia (recorte do SRTM) obtido para delimitar as direções preferenciais das drenagens das bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D)**

A bacia do São Francisco apresenta direção preferencial  $80^{\circ} - 90^{\circ}$  nas drenagens de primeira, segunda e terceira ordem. Nas drenagens de terceira ordem a direção preferencial é múltipla, variando entre  $40^{\circ} - 50^{\circ}$ ,  $80^{\circ} - 90^{\circ}$ ,  $310^{\circ} - 330^{\circ}$ ,  $330^{\circ} - 340^{\circ}$  e  $350^{\circ} - 0^{\circ}$ . A direção secundária  $0^{\circ} - 10^{\circ}$  é observada nas drenagens de primeira e segunda ordem. Nas drenagens de terceira ordem a direção secundária observada também é múltipla, variando entre  $20^{\circ} - 30^{\circ}$ ,  $50^{\circ} - 70^{\circ}$ ,  $280^{\circ} - 290^{\circ}$  e  $300^{\circ} - 310^{\circ}$ . Nas drenagens de quarta ordem a direção secundária observada é se divide entre  $0^{\circ} - 10^{\circ}$ ,  $30^{\circ} - 40^{\circ}$ ,  $70^{\circ} - 80^{\circ}$  e  $310^{\circ} - 320^{\circ}$  (figura 18).

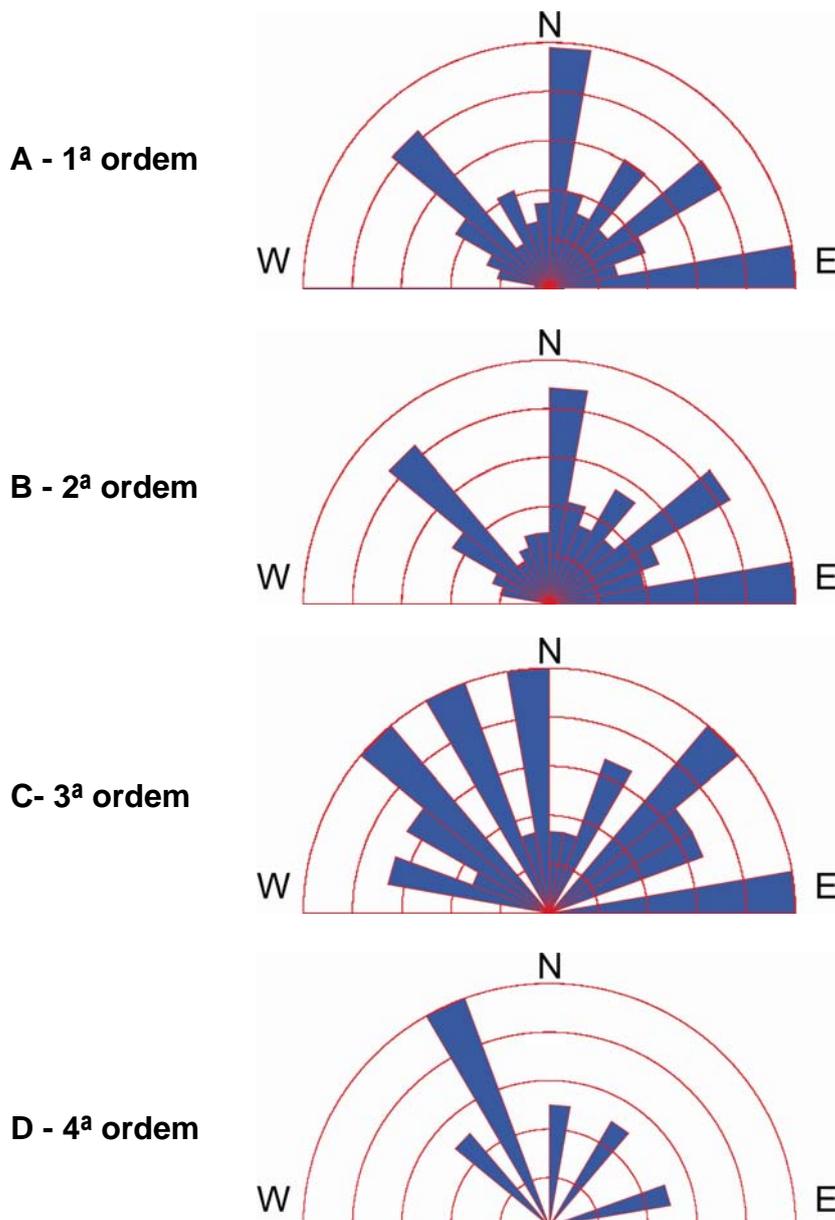
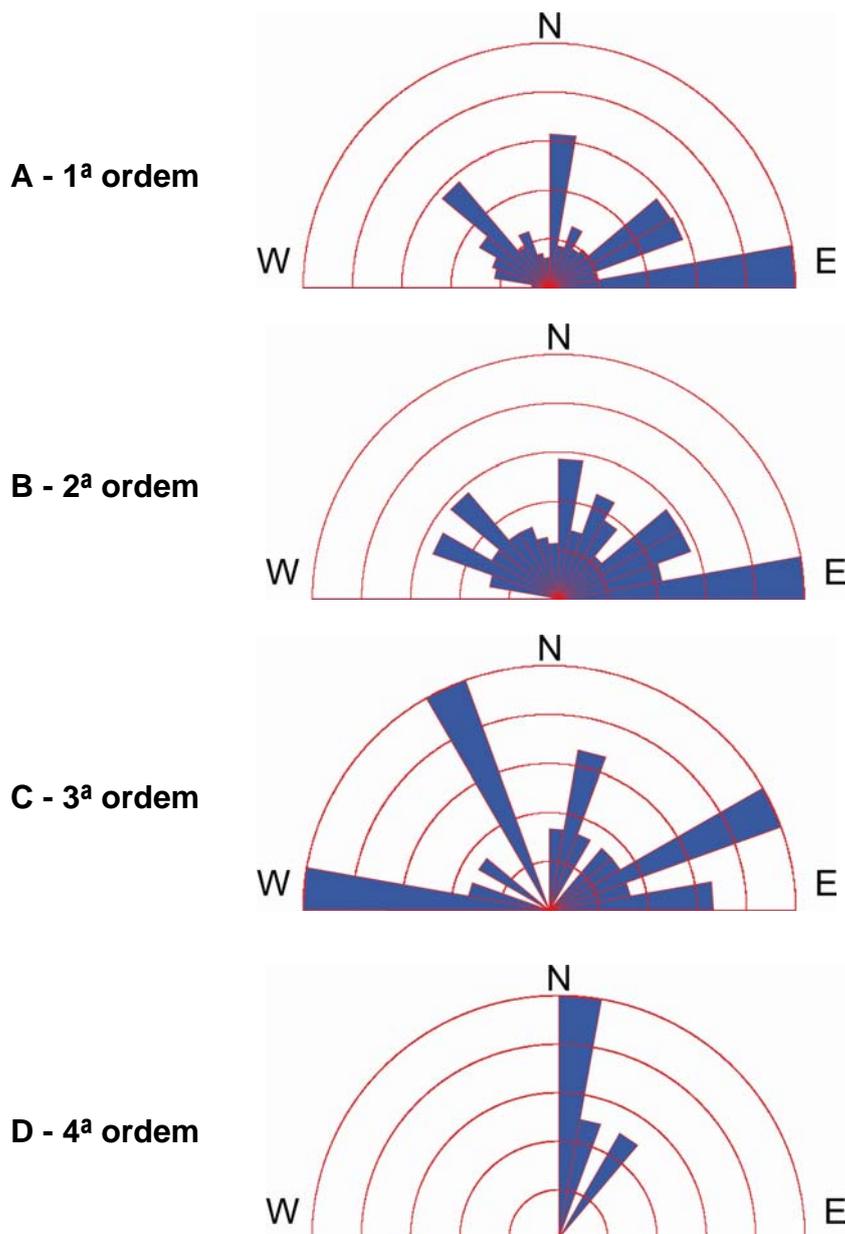


Figura 18 – Diagrama de Roseta da Bacia do São Francisco obtido para delimitar as direções preferências das drenagens das bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D)

A bacia do Parnaíba apresenta direção preferencial  $80^{\circ} - 90^{\circ}$  nas drenagens de primeira e segunda ordem. Nas drenagens de terceira ordem a direção preferencial se divide entre  $60^{\circ} - 70^{\circ}$ ,  $270^{\circ} - 280^{\circ}$  e  $330^{\circ} - 340^{\circ}$ . Nas drenagens de quarta ordem a direção preferencial é de  $0^{\circ} - 10^{\circ}$ . A direção secundária  $0^{\circ} - 10^{\circ}$  é observada nas drenagens de primeira e segunda ordem. Nas drenagens de segunda ordem também se observa a direção secundária de  $50^{\circ} - 70^{\circ}$ ,  $290^{\circ} - 300^{\circ}$  e  $310^{\circ} - 320^{\circ}$ . Nas drenagens de quarta ordem a direção secundária observada é de  $10^{\circ} - 20^{\circ}$  e  $30^{\circ} - 40^{\circ}$  (**figura 19**).



**Figura 19 – Diagrama de Roseta da Bacia do Parnaíba obtido para delimitar as direções preferências das drenagens das bacias de: 1ª ordem (A); 2ª ordem (B); 3ª ordem (C) e 4ª ordem (D)**

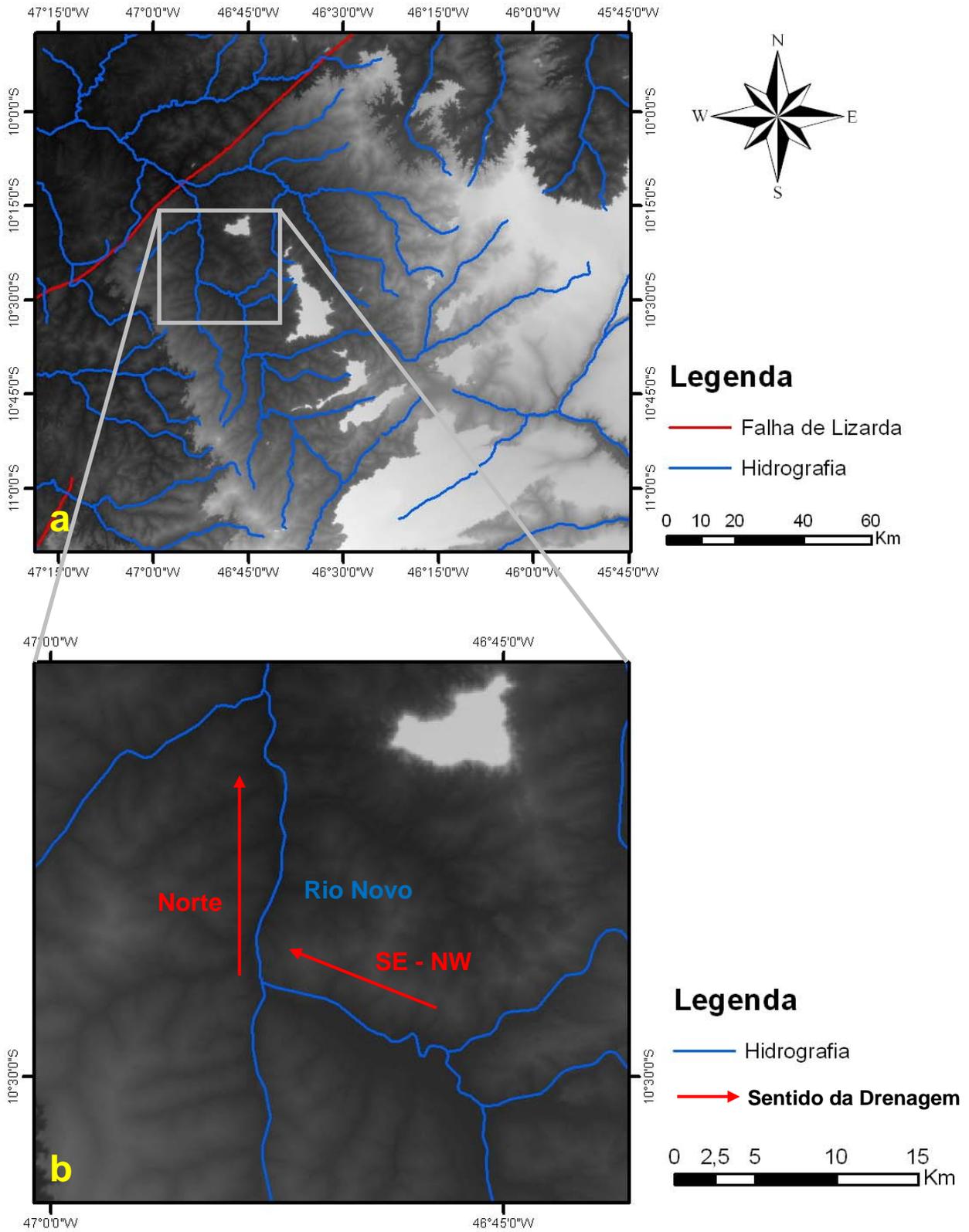
A análise de bacias de drenagem de diferentes ordens permite estabelecer uma relação onde se observa mudanças locais para bacias de primeira ordem e variações cada vez mais regionais para bacias de ordens maiores. Observando as direções preferenciais e secundárias das drenagens, um padrão N – S, E – W se revela presente na região. Essas direções concentram grande parte dos escoamentos superficiais e permitem interpretar que o padrão de drenagem que se destaca é em sua forma paralela.

Os lineamentos estruturais controlam em grande parte a rede de drenagem e são responsáveis pelos processos de modelagem do relevo da região, que ocorre devido aos processos erosivos provocados pelas drenagens, que vão gradativamente desgastando o relevo e formando formações residuais.

Nos limites do Parque Estadual do Jalapão foi possível identificar feições estruturais de âmbito local e regional. A falha de Lizarda, embora a oeste da área do parque, tangencia pequena parte deste, próximo à confluência dos rios Soninho e Novo. Mas repercussões do movimento tectônico que originou esse falhamento ocorrem dentro e fora dos limites do PEJ. Tal fato é evidenciado notadamente no traçado da rede de drenagem, que apresenta fortes angularidades associadas a trechos retilíneos. Na confluência do rio Novo com o brejo Frito-Gado, por exemplo, há uma brusca mudança de direção do rio Novo, passando de SE-NW para norte. O paralelismo e a retilinearidade de grande quantidade dos cursos d'água também indicam que a região esteve submetida a processos tectônicos pós-Terciário, ligados à reativação de antigos falhamentos. (NATURATINS, 2003). (**Figuras 20 e 20b**).

O expressivo paralelismo dos cursos d'água que nascem na escarpa a oeste da serra do Espírito Santo pode estar, também, associado à provável direção do vento em tempos pretéritos e a feições estruturais. No caso do rio Novo, a angularidade referida pode ser uma das causas responsáveis pelo intenso assoreamento verificado a montante dessa mudança de direção. (**Figura 21a e 21b**). (NATURATINS, 2003).

Um aspecto importante é que a região inclui as áreas de recarga de aquíferos e nascentes com grande número de afluentes na margem leste do rio Tocantins.



**Figura 20 – (a) Localização da Falha de Lizarda.  
 (b) Mudança de direção do Rio Novo de SE-NW para norte.**

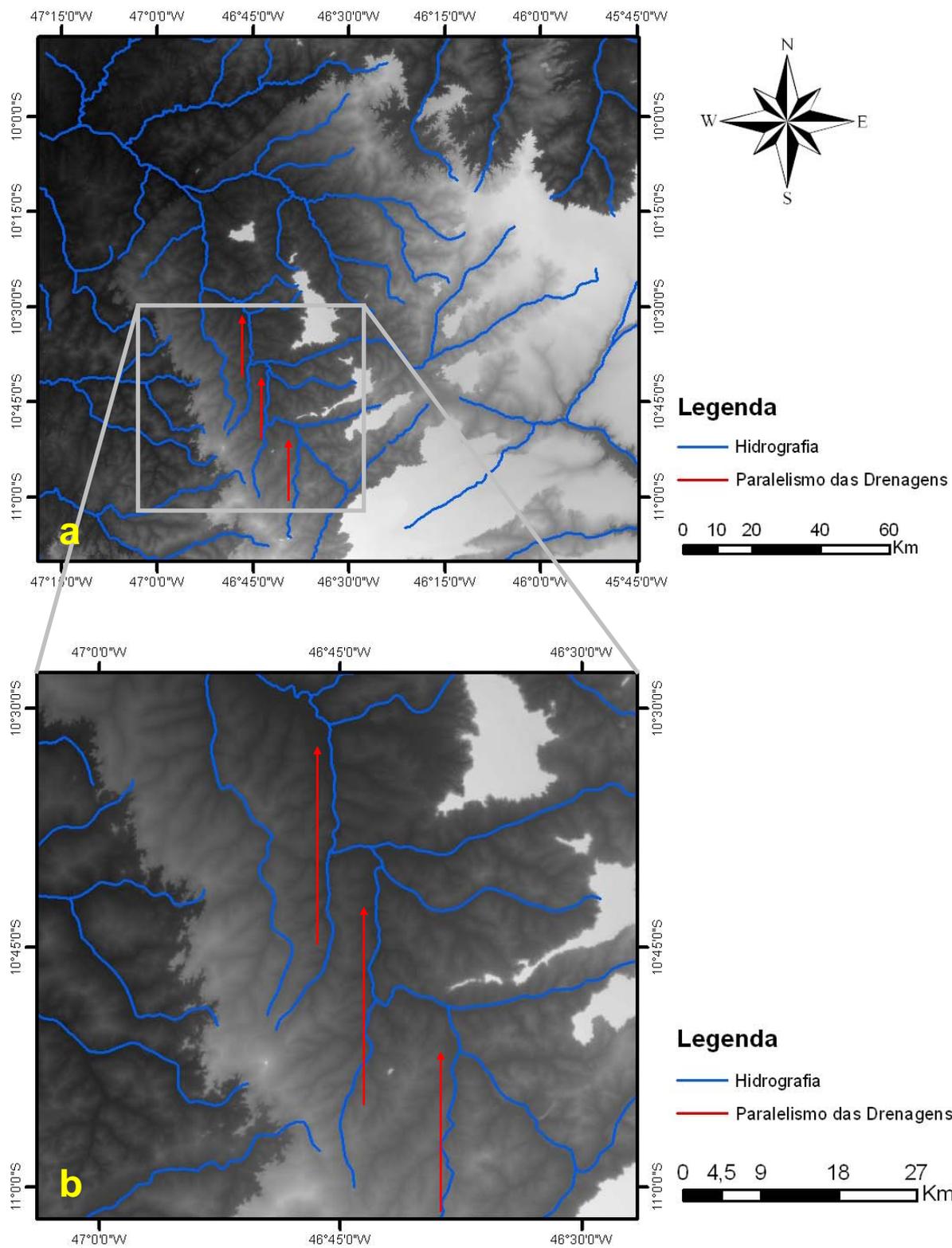


Figura 21 – (a) Paralelismo de drenagens.  
 (b) Paralelismo de drenagens do zoom da figura (a).

## **4.2 – Composição Colorida dos Parâmetros Morfométricos**

A compartimentação topográfica corresponde à individualização de um conjunto de formas com características semelhantes, o que leva a se admitir que tenham sido elaboradas em determinadas condições morfogenéticas ou morfoclimáticas, que apresentem relações litoestratigráficas ou que tenham sido submetidas a eventos tectodinâmicos. A interpretação das diferentes forças ao longo do tempo, leva à caracterização das formas de relevo, da situação topográfica ou altimétrica e da existência de traços genéticos comuns como fatores de individualização do conjunto. Assim, a evolução do modelado terrestre, cujas particularidades proporcionam a especificidade de compartimentos, resulta do seguinte jogo de forças contrárias: (Casseti, 1990).

- Agentes internos, comandados pela estrutura, considerando o comportamento litoestratigráfico e implicações de natureza tectônica e;
- Agentes externos, relacionados aos mecanismos morfogenéticos, em que os componentes do clima assumem relevância.

A expressividade dessas forças no modelado depende tanto da intensidade quanto da duração dos fenômenos. Para a elaboração de superfícies aplainadas, por exemplo, torna-se necessário um trabalho prolongado de erosão, associado ao intemperismo físico, em condições tectônicas e climáticas relativamente estáveis. Dessa forma, a elaboração dos pediplanos vincula-se a uma determinada condição climática ao longo de um tempo geológico e a certa estabilidade tectônica.

A compartimentação morfológica inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características do relevo, que apresentam uma importância direta no processo de ocupação. Nesse aspecto a geomorfologia assume importância ao definir os diferentes graus de risco que uma área possui, oferecendo subsídios ou recomendações quanto à forma de ocupação e uso.

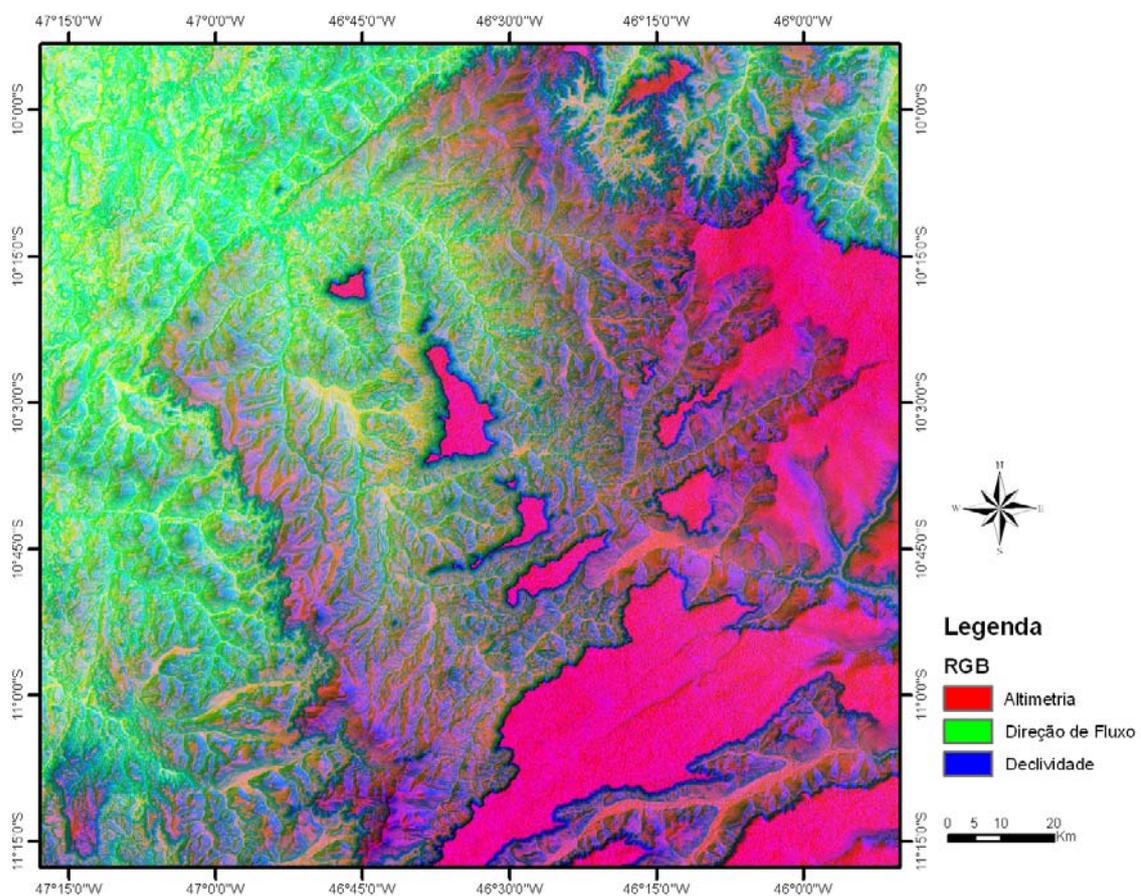
Nas aplicações geológicas e geomorfológicas, em geral, se procura interpretar dados espaciais que realcem aspectos morfológicos do terreno, como é o caso das imagens SRTM.

A interpretação geomorfológica consiste em reconhecer na imagem dos elementos naturais da paisagem (drenagem e relevo). Esses desempenham papel fundamental no

desenho da paisagem natural da superfície terrestre, bem como suas disposições refletem a organização estrutural, a qual de uma forma geral exerce controle nas na modelagem do relevo.

Nos estudos geomorfológicos, sobretudo os que analisam a morfodinâmica das vertentes, é fundamental, num primeiro nível de abordagem, a aquisição espacial dos dados morfométricos. A descrição deve fornecer um inventário completo da geometria das formas obtendo informações quantificadas. A integração e o cruzamento destas informações possibilitam estabelecer padrões e graus de interação para se definir e classificar unidades geomorfológicas.

Desta forma, foi elaborada uma composição colorida a partir dos dados morfométricos de altimetria, direção de fluxo e declividade (**figura 22**). Com este procedimento foi possível as diferentes feições geomorfológicas do tipo encostas estruturais, interflúvios e fundos de vales. Observa-se também a existência de padrões de relevo distintos nos testemunhos residuais e na Chapada das Mangabeiras, que possuem declividade inferior a  $1^\circ$ , caracterizando a existência de um relevo plano com escarpas em seus limites.



**Figura 22 – Composição colorida dos atributos morfométricos.**

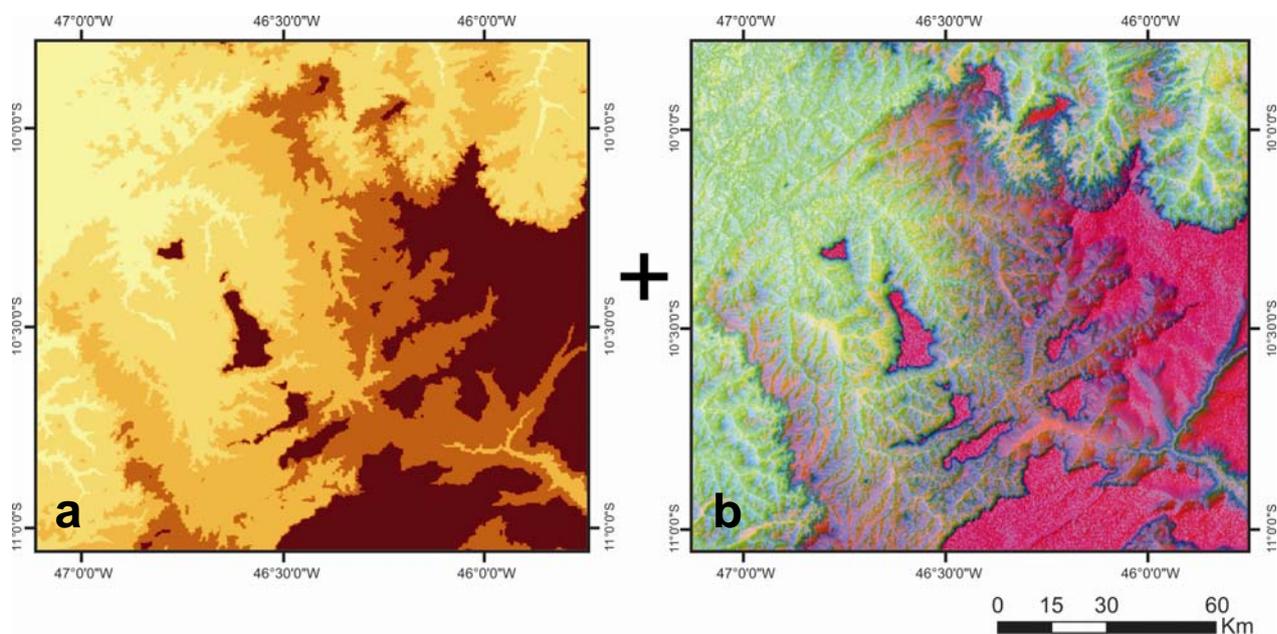
### 4.3 – Confeção do Mapa Geomorfológico

O processo de confecção do mapa geomorfológico do Parque Estadual do Jalapão e entorno foi realizado a partir da união do MDT com a composição colorida dos atributos morfométricos.

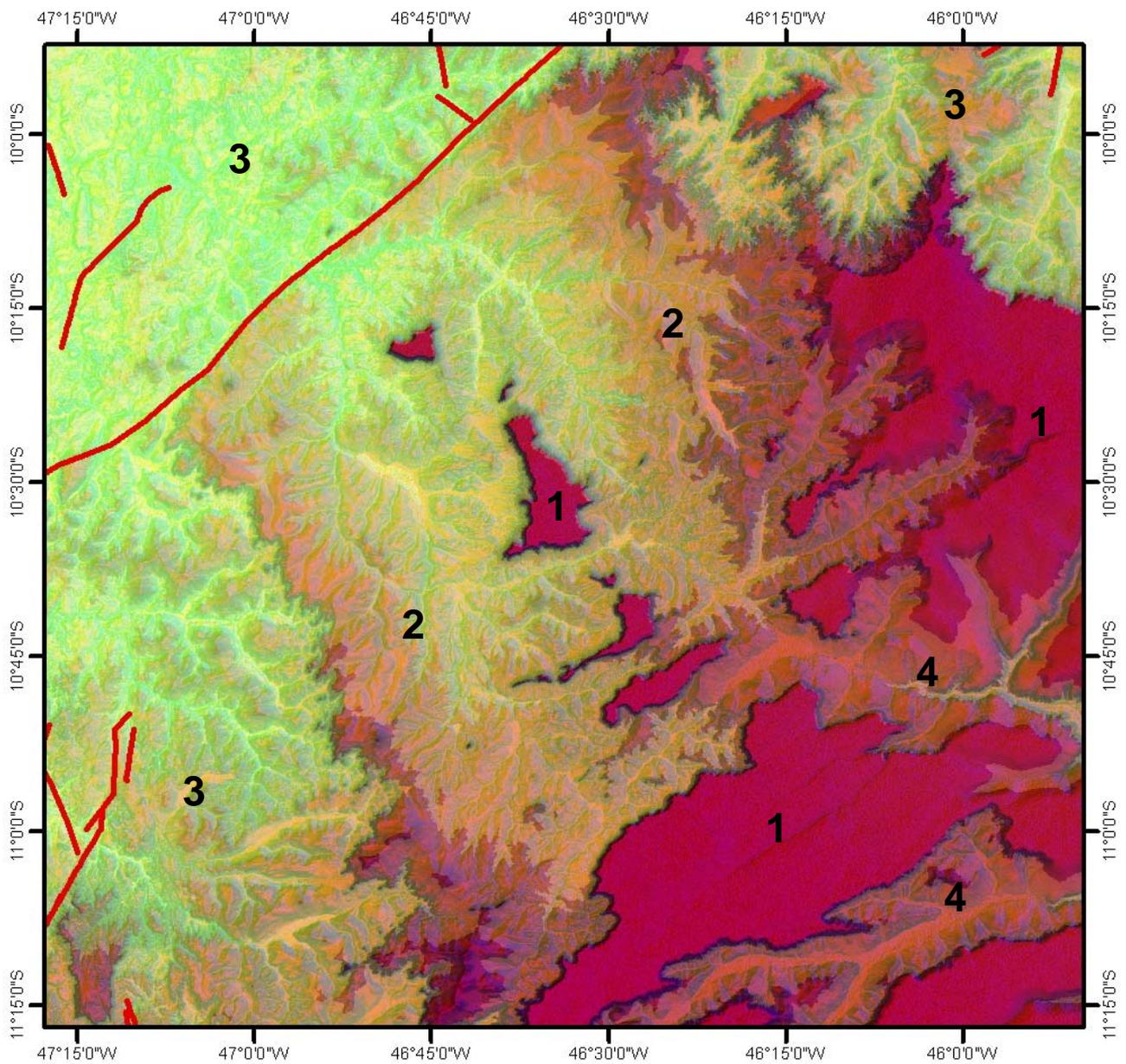
No ArcGIS 9.2 foi gerado, a partir da imagem SRTM, um mapa altimétrico da área de estudo. Esse mapa foi dividido em cinco classes altimétricas e colorido em tons de laranja claro para as classes de menor altitude e de marrom para as classes de maior altitude (**Figura 23a**).

Ainda no ArcGIS 9.2 foi realizado um processo de sobreposição do mapa hipsométrico pela composição colorida (**figura 23b**) dos atributos morfométricos. A partir do resultado, foram destacadas quatro unidades geomorfológicas distintas na região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno: Topos de Chapadas, Superfície Jalapão, Fundo de Vales e Superfície Ponte Alta do Tocantins (**Figura 24**).

O mapa geomorfológico do Parque Estadual do Jalapão e entorno (**Figura 25**) foi gerado a partir da vetorização da compartimentação geomorfológica no ArcGis 9.2. O resultado permitiu determinar com exatidão os limites entre cada unidade geomorfológica da região de estudo.

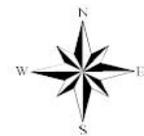


**Figura 23 – (a) Mapa Altimétrico. (b) Composição Colorida por atributos morfométricos: hipsometria, direção de fluxo e declividade.**

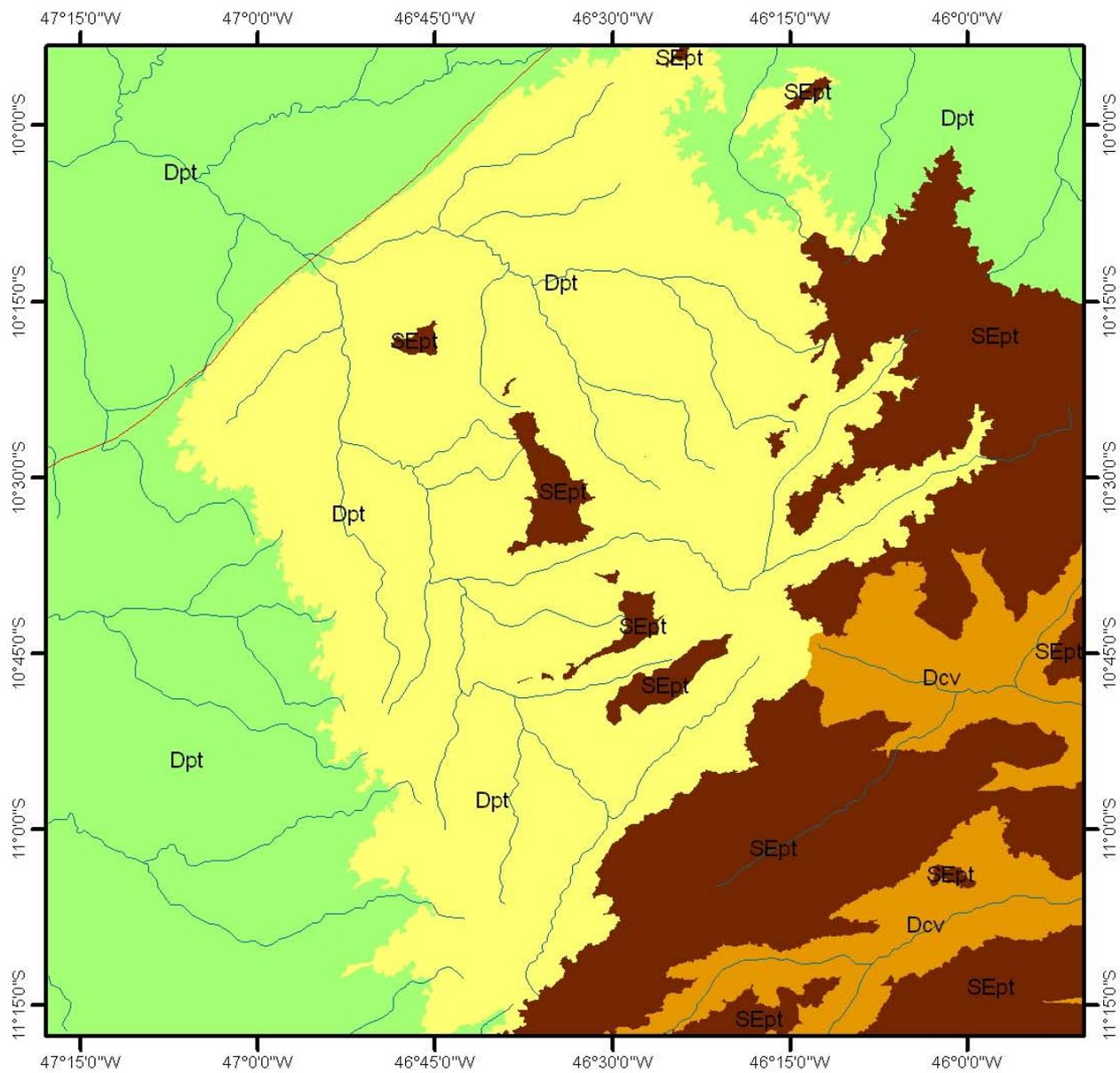


**Legenda**

- 1 - Topo de Chapada;
- 2 - Superfície Jalapão;
- 3 - Superfície Ponte Alta do Tocantins.
- 4 - Fundo de Vales
- - Lineamentos Estruturais



**Figura 24 – Compartimentação geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno**



**Legenda**

- |  |   |
|--|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span> Superfície Ponte Alta do Tocantins | <span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid red; margin-right: 5px;"></span> Falha de Lizarda |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8B4513; border: 1px solid black;"></span> Topos de Chapada                   | <span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid blue; margin-right: 5px;"></span> Hidrografia     |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black;"></span> Superfície Jalapão                 | <b>SEpt – Patamares Estruturais</b>   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></span> Fundos de Vales                    | <b>Dcv – Dissecado com Vales Encaixados;</b>  |
|  | <b>Dpt – Dissecado em Patamares.</b>  |

**Figura 25 – Mapa Geomorfológico do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno**

#### **4.4 – Definição das Unidades Geomorfológicas**

A definição e mapeamento das unidades geomorfológicas existentes na região é fundamental para a compreensão da paisagem geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão – TO e entorno. Com base nas formas de relevo, na topografia e na geologia, foram definidos e mapeados quatro ambientes com características geomorfológicas distintas: (1) Topos de Chapadas; (2) Superfície Jalapão; (3) Fundos de Vales e (4) Superfície Ponte Alta do Tocantins.

##### **4.4.1 – Topos de Chapadas**

Os Topos de Chapadas são superfícies planas ou aplainadas, não dissecadas, com gradientes inferiores a 3°, cercadas por uma couraça detrítico-laterítica.

Os rebordos dessas superfícies são delimitados por vertentes íngremes e representam remanescentes de uma antiga superfície de erosão, onde apresentam altitudes que variam entre 750 e 900 metros. No Parque Estadual do Jalapão são caracterizados pela superfície tabular das Serras do Espírito Santo, Jalapinha e do Porco. Fora do limite do parque é caracterizado principalmente pela Chapada das Mangabeiras.

É uma região de relevo estrutural, que preservou testemunhos da formação Urucuia. Seu principal valor é que, devido à falta de nascentes e canais de drenagens em seu topo, a região serve como uma importante área de recarga de aquíferos, devido à alta taxa de infiltração de águas pluviais. A infiltração é facilitada pelo relevo plano com elevado teor de areia no solo, e direcionada através de fendas e fraturas no interior do arenito Urucuia.

As superfícies residuais da compõem o interflúvio que separa as bacias do Tocantins (oeste), São Francisco (leste) e Parnaíba (nordeste). O processo evolutivo dos relevos testemunhos e principalmente da Chapada das Mangabeiras encontra-se em constante atividade e desenvolvimento, o que corrobora com a análise feita nesse estudo de que a bacia do Tocantins-Araguaia continua seu processo de desenvolvimento e de captura das drenagens da bacia do São Francisco.

#### **4.4.2 – Superfície Jalapão**

A Superfície Jalapão corresponde às superfícies dissecadas em ravinas e patamares, com altitudes entre 400 e 550 metros, apresentando relevo plano a suave-ondulado, com solos profundos e arenosos.

É uma região de relevo dissecado, devido ao processo erosivo ocorrido nas escarpas da Serra do Espírito Santo e serras adjacentes, e pelos fatores tectônicos que demonstram nitidamente o paralelismo das drenagens da região. O entalhamento das escarpas ao longo dos séculos permitiu que a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia fosse, lentamente, capturando drenagens da bacia do São Francisco, aumentando respeitosamente o tamanho da bacia do Tocantins-Araguaia. Esse processo não está estagnado, continua ocorrendo gradualmente com o passar do tempo,

A região é recoberta por um pacote de Neossolos Quartzarênicos que proporcionam elevado intemperismo e ampla porosidade. Com cerca de 20 a 50 metros de espessura, esta cobertura é capaz de absorver e armazenar grandes quantidades de águas pluviais. Possui extensas superfícies interfluviais, que chama a atenção pela grandeza da rede de drenagens, tanto em número de cursos d'água quanto à vazão dos principais rios.

#### **4.4.3 – Fundos de Vales**

A rica rede hidrográfica da bacia do Rio São Francisco apresenta-se sob nítido controle estrutural. Os principais rios entalham-se nos arenitos da formação Urucuia, onde o processo erosivo fluvial promove o maior aprofundamento dos canais por meio da erosão e o depósito de sedimentos aluvionários preenchendo as calhas das drenagens.

Esse processo decorre de movimentos de massa nas paredes escarpadas dos vales encaixados, promovendo o seu recuo e depositando no sopé sucessivas acumulações de rampas de colúvio, que, por sua vez, são parcialmente dissecadas pelos canais fluviais gerando os denominados “Complexos de Rampas”, conforme descrito por Meis & Moura (1984), apresentando um padrão de encostas instáveis, com marcas de erosão e fundos de vales entulhados de sedimentos.

Os sedimentos compõem-se de areias, cascalhos, silte e argilas, transportados como carga de fundo, em suspensão, ou ainda, como depósitos de deflação nas depressões locais. Mantêm-se perenes ou temporariamente inundados e parcialmente estabilizados.

#### **4.4.4 – Superfície Ponte Alta do Tocantins**

A Superfície Ponte Alta do Tocantins acompanha o vale do rio de mesmo nome. Está correlacionada principalmente com os afloramentos dos arenitos da formação Pedra de Fogo, Formação Piauí, Formação Sambaíba, Formação Cabezeiras e Grupo Urucuia. Assume em grande parte de seu trecho norte a característica de depressão monoclinal, por seccionar a borda da bacia sedimentar do Parnaíba. De modo geral, mostra um modelado quase plano e, portanto, com fraco grau de dissecação, com altitudes variando de 200 m no norte a 500 m na extremidade sul.

Corresponde a um nível inferior da Superfície Jalapão devido, principalmente, ao tectonismo que existiu na região, representado especialmente pela falha de Lizarda. Se destacam na região a Serra do Lajeado e a Depressão do Tocantins, onde corre o Rio Tocantins.

## **CAPÍTULO V**

### **PROCESSOS EROSIVOS PELO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

O Parque Estadual do Jalapão é constituído basicamente por arenitos da Formação Urucuia, que originam solos do tipo Neossolos Quartzarênicos. Esses solos são profundos (cerca de 2 metros), acentuadamente drenados, bastante arenosos (textura areia ou areia franca), com estrutura em grãos simples. Apresenta seqüência de horizontes A – C, caracterizando-se pela ausência de minerais primários facilmente intemperizáveis (Guerra e Botelho, 1998). Por serem solos pouco coesos, permitem fácil remoção das partículas por escoamento das águas superficiais.

Os processos erosivos por ravinamento ocorrem condicionados a grandes concentrações das águas de escoamento superficial, devido a determinadas formas de ocupação que favorecem a concentração das águas, como, por exemplo, estradas, arruamentos, caminhos de serviço, trilhas de gado e cercas (Salomão, 1999). As voçorocas ocorrem quando o aprofundamento das ravinas interceptar o lençol freático, situação comum nas posições inferiores de vertentes, próximas a fundo de vales e as cabeceiras de drenagem. Em geral, são áreas com declividades suficientes para permitir o escoamento das águas superficiais, constituídas por solos de textura arenosa e de textura media, como os Neossolos Quartzarênicos.

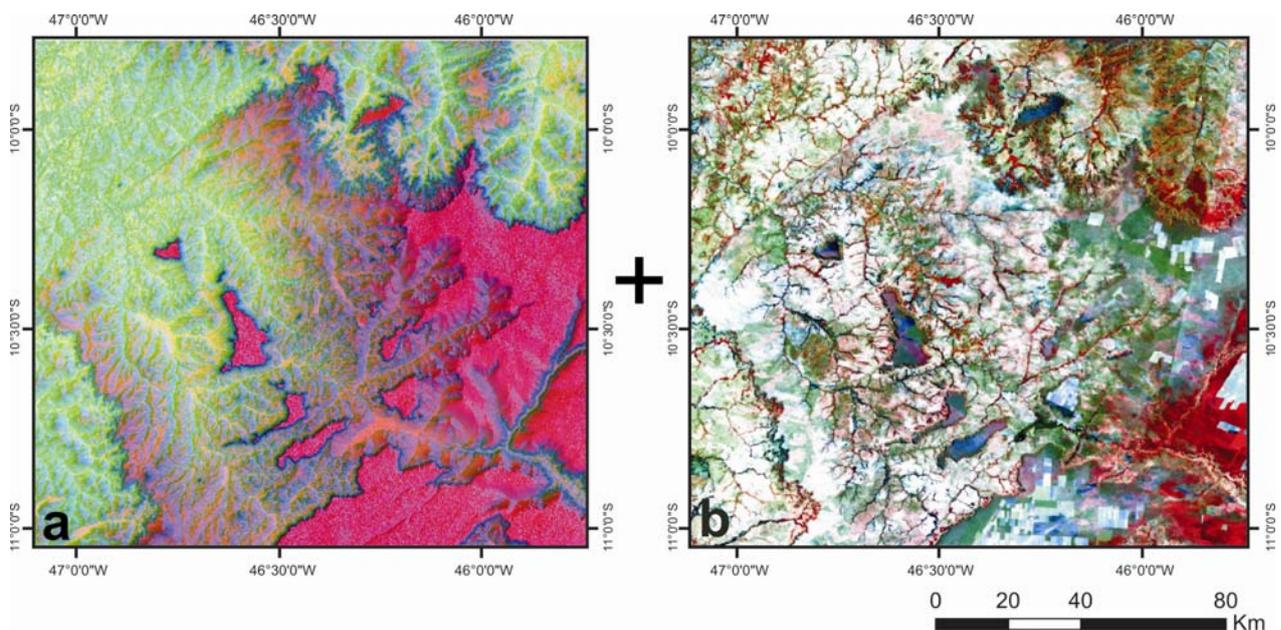
Guerra (1999) fala da importância dos estudos de campo no entendimento da formação e desenvolvimento das ravinas. Como na maioria das vezes as ravinas surgem em áreas agrícolas, as formas erosivas podem ser monitoradas, tanto no que diz respeito a sua formação, como ao seu desenvolvimento. Isso pode ser de grande importância, não só para a compreensão do processo, mas também no fornecimento de subsídios, para os modelos que procuram prever onde, como e quando as ravinas podem se

formar no campo. Com isso, pode-se procurar evitar que essas formas erosivas evoluam e se transformem em voçorocas, que quase sempre causam grandes prejuízos nas áreas rurais e também em áreas urbanas.

Tanto as ravinas e voçorocas podem ser consideradas como incisões que resultam da tendência de sistemas naturais a atingir um estado de equilíbrio entre energia disponível e eficiência do sistema em dissipar energia. Quando um sistema natural (encosta, bacia hidrográfica, etc.) não é eficiente para dissipar a energia disponível, o sistema se adapta, de forma a atingir um novo estado de equilíbrio (Bak, 1997).

No caso dos solos, tanto a mudança na quantidade de energia disponível (intensidade e frequência de precipitações, teor de umidade dos solos, etc.), quanto a aceleração das características do sistema (uso do solo, cobertura vegetal, grau de estruturação, etc.) podem levar a uma situação de desequilíbrio entre energia disponível e capacidade de dissipação de energia (Oliveira, 1999), iniciando-se assim um processo erosivo.

A sobreposição da composição colorida dos atributos morfométricos (declividade, hipsometria e direção de fluxo) (**Figura 26a**) com a imagem Landsat TM+ (**Figura 26b**) foi útil no processo de interpretação do uso e ocupação da área estudada. Seu resultado permitiu a observação dos principais empreendimentos agrícolas da região.



**Figura 26 – (a) Composição Colorida por atributos morfométricos: hipsometria, declividade e direção de fluxo. (b) Imagem Landsat TM+**

Os softwares utilizados para a confecção da imagem composta foram o Envi 4.3 e o ArcGIS 9.2. O software ENVI 4.3 foi utilizado para fazer a sobreposição dos atributos morfométricos (R: hipsometria, G: declividade e B: direção de fluxo). A imagem gerada foi exportada para o software ArcGis (ArcMap 9.2), no qual foi gerado um processo de sobreposição da composição colorida pela imagem Landsat TM+ (*symbology – RGB composite – pan-sharpening*).

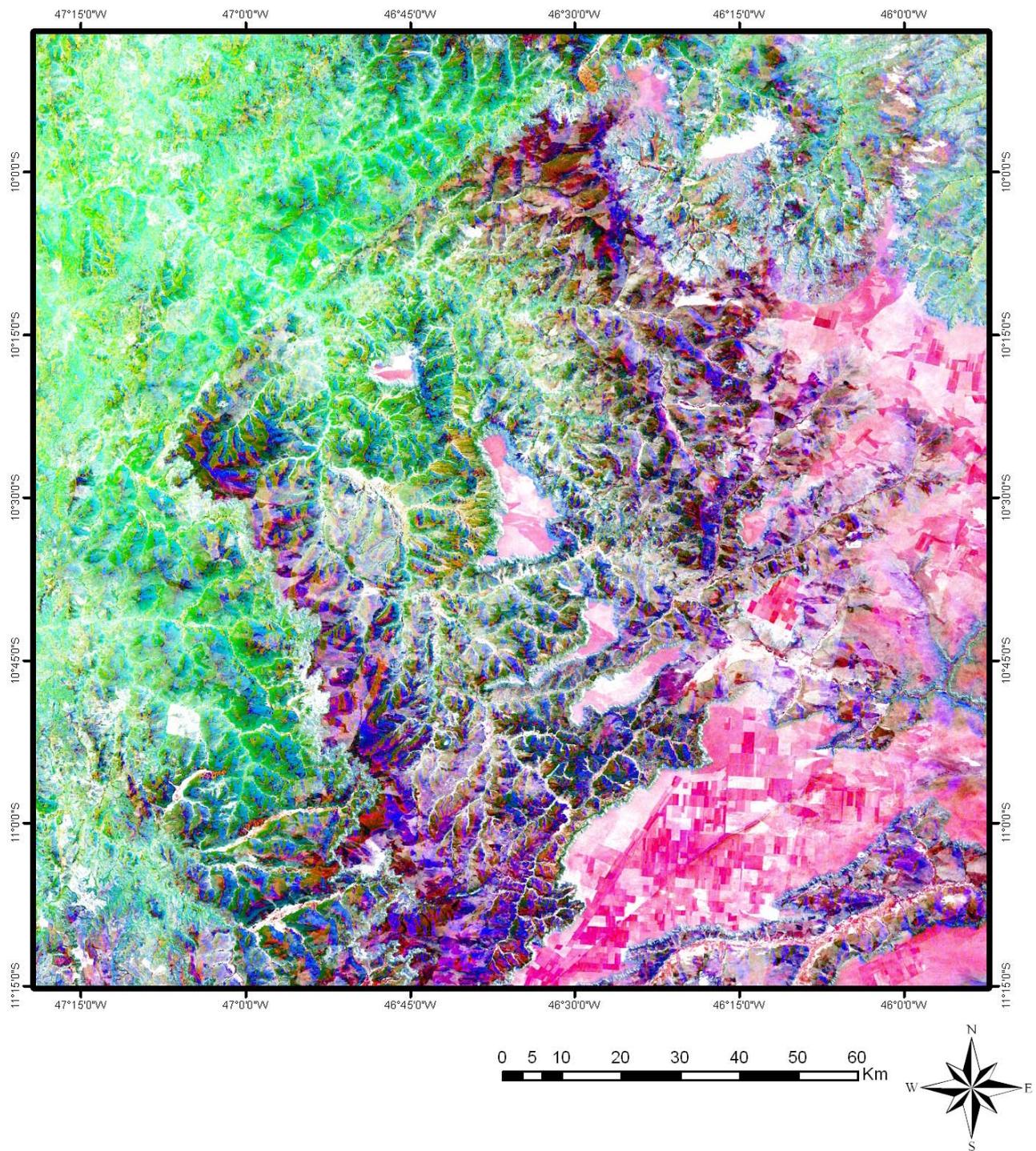
A Chapada das Mangabeiras é a continuidade da Serra Geral de Goiás, mas já com platôs onde predominam campos de cerrado. Faz importante papel na transição dos ecossistemas de cerrado para o lado da caatinga. O Jalapão, no entanto, não é um corredor de transição e sim uma formação de cerrado.

A Mesorregião da Chapada das Mangabeiras é tida como a última fronteira agrícola do Brasil, apresentando grande potencial na produção de grãos, em especial soja e milho. O cerrado se manifesta na quase totalidade do território mesorregional, mas também apresenta perímetros com características do Semi-Árido nordestino. (MIN, 2007).

Tomando por base as classes de uso da terra utilizadas no estudo Uso da Terra da macrorregião do cerrado (MMA, 2005), identificam-se dois grupos de atividades econômicas preponderantes: classe agricultura mecanizada (soja, milho, arroz e algodão nos platôs); e classe atividade agropecuária (atividade produtiva rural nos vales na pequena e na média propriedades).

O uso intensivo do solo pelo homem acelera os processos erosivos e conseqüentemente contribui para uma evolução mais rápida das escarpas, comprometendo assim as áreas agrícolas da região.

Na **figura 27** é possível observar as principais áreas de agricultura da região, localizadas na Chapada das Mangabeiras. A proximidade do uso antrópico nas encostas interfere na aceleração dos processos erosivos, uma vez que a retirada da vegetação nativa para o uso agrícola enfraquece o solo, possibilitando um maior arraste superficial de sedimentos, provocando, inclusive, voçorocas.



**Figura 27 – Imagem Landsat TM+ sobreposta aos atributos morfométricos: hipsometria, declividade e direção de fluxo, evidenciando o uso e ocupação do solo nas áreas mais elevadas (Chapada das Mangabeiras)**

O Parque Estadual do Jalapão, devido à ausência de atrativos econômicos relativos a fatores de fertilidade da terra (devido principalmente aos Neossolos Quartzarênicos), apresenta baixa densidade demográfica.

Segundo dados da EMBRAPA (2003), o uso das terras na região pode ser estimado da seguinte maneira: cerca de 40% da área é coberta por pasto nativo; 20% por pasto cerrado; 20% por matas de galeria; 10% por cultivos agrícolas e pecuários; 5% por agricultura; e os demais 5% para usos diversos. Pelo menos 80% das terras tem cobertura vegetal nativa (campos cerrados e matas de galeria), sendo reduzidos os locais onde existem alterações significativas decorrentes do uso e ocupação do solo.

É necessário criar, entre os produtores agrícolas, uma consciência de preservação das escarpas já que o uso inadequado do solo poderá agravar os processos de evolução do relevo cuestasiforme. O mau uso da terra afeta principalmente as áreas agrícolas, com o desgaste do solo, perda de vegetação nativa e capturas de rios, compreendendo uma grande agressão à natureza.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSÕES

A região do Parque Estadual do Jalapão (TO) e entorno possui uma grande relevância ambiental e turística, devido às características peculiares que fazem do local uma região de grande atrativo turístico e de implementação de áreas de unidades de conservação por parte do Governo Federal e do Governo do Estado do Tocantins.

Os produtos de SRTM gerados neste estudo demonstraram grande aplicabilidade dos dados interferométricos dessa missão espacial, constituindo-se numa fonte de dados tridimensionais e georreferenciados para as pesquisas. As aplicações trabalhadas com a utilização desses dados pretendem contribuir para a difusão e o desenvolvimento das geotecnologias na região do Jalapão.

A utilização de modelos digitais de elevação interferométricos (SRTM) e suas aplicações nos estudos geomorfológicos, buscando novas formas de representação computacional do modelado, vêm contribuir para a pesquisa geomorfológica. A possibilidade da geração de mapas derivados, simultaneamente ao trabalho de interpretação temática, é um importante ganho da utilização dos modelos SRTM, pois permite uma avaliação mais precisa dos aspectos morfométricos dos modelados de dissecação, especialmente no que diz respeito aos índices de densidade e aprofundamento da drenagem.

Os produtos gerados mostram que as três principais bacias hidrográficas da região seguem alinhamentos preferenciais E – W, pois a rede hidrográfica está fortemente correlacionada com os lineamentos estruturais presentes na região.

A utilização desta metodologia permitiu: (1) demonstrar a possibilidade de captura de afluentes da bacia do São Francisco pela bacia do Tocantins-Araguaia demonstrando que o modelado da região permanece em constante evolução, podendo ser acelerada pelas ações antrópicas. (2) Correlacionar a

influência do controle litoestratigráfico com os padrões de drenagens observados nas diferentes bacias hidrográficas. (3) Confeccionar o mapa geomorfológico da região do Parque Estadual do Jalapão (TO) possibilitando que novas pesquisas na região possuam mais subsídios para os trabalhos.

Os estudos mostraram uma predominância de terras com grandes limitações para a agricultura. De acordo com essa situação recomenda-se fortemente a não-ocupação da região por atividades agrícolas e populações humanas adensadas, evitando assim a aceleração dos processos antrópicos que, junto com o intemperismo químico e físico, atuam diretamente no relevo da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E. H.; AMORIM, A. DE J. (2005). **Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso.** Caminhos de Geografia, v. 7, n. 14 p. 70-77.

BARBOSA, O. et al. (1969). **Projeto Brasília-Goiás: geologia e inventário dos recursos minerais (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 51).** Goiânia, SNPM/PROSPEC. 225p.

BAK, P. (1997). **How nature works, the science of self-organized criticality.** Oxford University Press, 212 p.

CAMPOS, J. E. G. (1996). **Estratigrafia, Sedimentação, Evolução Tectônica e Geologia do Diamante da Porção Centro-Norte da Bacia Sanfranciscana.** Brasília, Tese de Doutorado, Universidade de Brasília – UnB, 204p.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. de., MARTINA, E. de S., GUIMARÃES, R. F., CARVALHO, A. P. F. (2001). **Compartimentação Geomorfológica do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros baseada em técnicas de geoprocessamento.** Planaltina, Embrapa Cerrados.

CASSETI, V. (1990). **Elementos de Geomorfologia. Textos para Discussão nº 13.** Goiânia, Cegraf – UFG, 132p.

CASSETI, V. (1995). **Ambiente e apropriação do relevo.** Contexto (Coleção Caminhos da Geografia), São Paulo. Editora Contexto.

CHRISTOFOLETTI, A. (1975). **Capturas Fluviais.** In: Enciclopédia Mirador Internacional. São Paulo. vol.5. p. 2049-2051.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (2004). **Gis do Brasil – Sistema de Informações Geográficas – Etapa 1:1.000.000 – Programa Geologia do Brasil – Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo.** Edição 2004. CD-ROM.

CUNHA, S. B. (1994). **Geomorfologia fluvial**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 211-252.

DIAS, L. S. DE O.; ROCHA, G. A.; BARROS, E. U. A. DE. & MAIA P. H. P. (2004). **Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas**. Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 14, n. 2, p. 265-271.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (2003). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1v. 412p. Brasília,

FERNANDES, P. E. C. A. (1982). **Geologia**. Em: Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD. 23 Brasília. Rio de Janeiro.

FIGUEIREDO, I. B. (2007). **Efeito do Fogo em Populações de Capim Dourado (*syngonanthus nitens* ERIOCAULACEAE) no Jalapão, TO**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília – UnB. 73 p.

GUERRA, A. J. T. (1999). **O Início do Processo Erosivo**. In: GUERRA, A. J. T., SILVIA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos, Conceitos, Temas e Aplicações**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1ª edição, p. 17 - 55.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. (2000). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

GUERRA, A. J. T. E BOTELHO, R. G. M. (1998). **Erosão dos Solos** In: GUERRA, A. J. T., & CUNHA, S. B. DA. **Geomorfologia do Brasil**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1ª edição, p. 181 - 227.

HUTCHINSON, M. F. (1989). **A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits**. Journal of Hydrology, 106, 211-232.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (1997). **Mapa Unidades de relevo. Anuário Estatístico do Brasil.** Diretoria de Geociências, IBGE. CD Rom.

MARTZ, L. W., DE JONG, E. (1988). **Catch: a Fortran program for measuring catchment area from digital elevation models.** Computers and Geosciences 14 (5), 627–640.

MARTZ, L. W., GARBRECHT, J. (1992). **Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models.** Computers and Geosciences 18 (6), 747–761.

MARTZ, L. W., GARBRECHT, J. (1993). **Automated extraction of drainage network and watershed data from digital elevation models.** Journal of the American Water Resources Association 29 (6), 901–908.

MEIS, M. R. M. & MOURA, J.R.S. (1984). **Upper Quaternary Sedimentation and Hillslope Evolution - SE Brazilian Plateau.** American Journal of Science, 281, p. 241-254.

MENDES, C. A. B. (1995). **Modelos numéricos do terreno e suas aplicações à recursos hídricos.** In: Clarke, R. T., Chaudhry, F., Baptista, M. (Org). **Desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos.** [S.I.]: ABRH, p. 331 – 336. (ABRH Publicações, v.1),

MENDES, C.A.B, CIRILO, J.A. (2001). **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 536 p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MIN (2007). **PROMESSO – Mesorregião da Chapada das Mangabeiras.** SPR – Secretaria de Programas Regionais. Brasília.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA (2005). **Relatório completo do zoneamento ecológico-econômico do Baixo Rio Parnaíba.** Brasília.

NATURATINS - INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS E SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE – SEPLAN. (2003). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Jalapão – PEJ**. Palmas – TO.

NIMER, E. (1989). Clima. Em: IBGE. **Geografia do Brasil. Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. p. 24 - 34.

OLIVEIRA, M. A. M. (1967). **Contribuição à geologia da parte sul da bacia do São Francisco e áreas adjacentes**. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, n.p. (Relatório de exploração, 1) apud FERNANDES, P.E.C.A. et al., 1982.

OLIVEIRA, S. N. de. (2008). **Metodologia para delimitação e análise multivariada de atributos morfométricos de bacia de drenagem usando modelo digital de elevação hidrológicamente corrigido**. (Dissertação de Mestrado), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília.

ROSEN, P., EINEDER, M., RABUS, B., GURROLA, E., HENSLEY, S., KNOEPFLE, W., BREIT, H., ROTH, A. (2001a). **SRTM mission cross comparison of X and C band data properties**. In: **International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, Sydney, NSW, Australia. 2: 751-753.

ROSEN, P., HENSLEY, S., GURROLA, E., ROGEZ, F., CHAN, S., MARTIN, J., RODRIGUEZ, E. (2001b). **SRTM C-band topographic data: quality assessments and calibration activities**. In: **International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, Sydney, NSW, Australia. 2: 739-741.

ROSS, J. L. S. (1991). **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. Contexto (Coleção Repensando a Geografia), São Paulo.

SALOMÃO, F. X. T. (1999). **Controle e Prevenção dos Processos Erosivos**. In: GUERRA, A. J. T., SILVIA, A. S. & BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos, Conceitos, Temas e Aplicações**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1ª edição, p. 229 - 267.

SMITH, B., SANDWELL, D. (2003). **Accuracy and resolution of shuttle radar topography mission data**. **Geophysical Research Letters**, 30(9): 1467-1470.

SOARES, J. V. (2004). **Introdução a Hidrologia de Florestas: Capítulo 03 – Morfologia de uma bacia de drenagem.** <http://www.dpi.inpe.br/~camilo/hidro/pdf/cap3.pdf/>. Acesso em 23/05/2008.

SUERTEGARAY, D. M. A. (2001). **A Natureza na Geografia Física.** Terra Livre nº17. São Paulo. p. 11-24.

SUMMERFIELD, M. A. (1991). **Aeolian processes and landforms.** Em: Global geomorphology. London, Longman Scientific & Technical, p. 235-259.

SUMMERFIELD, M. A. (1991). **Global Geomorphology. An introduction to the study of landforms.** Department of Geography, University of Edinburgh, 537p.

TARBOTON, D. G. 2005. **Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM).** <http://hydrology.neng.usu.edu/taudem/>. Acesso em 20/05/2008.

VEIGA, A. J. P. (2001). **Mapeamento geomorfológico, com uso de sensoriamento remoto e SIG como subsídio ao planejamento ambiental.** UnB-CDS, Mestre, Gestão e Política Ambiental, 101p.

ZANETTI S. S. (2004). **Geração De Modelo Digital de Terreno (MDT) Utilizando Sistema de Posicionamento Global (GPS) para o Planejamento Agro-Ambiental de uma Microbacia Hidrográfica.** 1º Congresso Acadêmico sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro: “Administração para um Desenvolvimento Sustentável”. Fundação Getulio Vargas. Rio de Janeiro.

ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO – ZEE. (2002). **Mapa geológico.** Zoneamento ecológico-econômico do Bico do Papagaio.