



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Mapeamento Geomorfológico: A Carta de Energia do Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO¹

Emerson Figueiredo Leite², Roberto Rosa³

¹Texto parte de Tese de Doutorado defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia-UFU; ²Prof. Adjunto I, UFT. R: 07 Qd. 15 s/nº. Jardim dos Ipês. 77500-000 - Porto Nacional, TO. Telefone: (63) 3363-0504 - figueiredo_geo@uft.edu.br; ³Prof. Associado 3, UFU. Av. João Naves de Ávila, 2160. Santa Mônica. 38400-902 - Uberlândia, MG. Telefone: (34) 3239-4221 - rrosa@ufu.br

Artigo recebido em 14/04/2012 e aceito em 07/05/2012

RESUMO

Os processos erosivos do relevo estão substancialmente relacionados com os seguintes fatores topográficos: o comprimento e a inclinação das encostas e o aprofundamento dos canais. A preocupação em solucionar problemas relacionados à erosão tem proporcionado a formulação de metodologias que explicitem o potencial natural de áreas de modo que subsidie a ocupação antrópica, gerando planos conforme as peculiaridades locais. Dentre as metodologias empregadas cita-se a confecção da carta de energia do relevo, objetivo deste trabalho, adotando como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Formiga no Estado do Tocantins. Como produtos intermediários confeccionam-se cartas de dissecação vertical, dissecação horizontal e declividade. O cruzamento foi realizado através de uma programação em LEGAL no Spring/INPE, possibilitando a confecção da carta síntese de energia do relevo. Foram determinadas as seguintes classes de energia do relevo: fraca, média, medianamente forte, forte e muito forte. Na bacia a predominância é de áreas com média e fraca energia do relevo, ocupando respectivamente 48,70% e 36,88% de sua área total. Correspondem a áreas com declives planos a suave-ondulados, grande dissecação horizontal e baixa dissecação vertical. A carta produzida fornece indicações sobre o potencial energético das formas de relevo para a área e podem nortear o processo de ocupação antrópica.

Palavras-chave: Mapeamento geomorfológico, bacia hidrográfica, energia do relevo

Geomorphological Mapping: The Energy Charter of Formiga River Relief's Watershed – TO

ABSTRACT

The erosion processes of the relief are substantially related to the following topographic: the length and inclination of the slopes and the depth of the channels. The concern about solving problems related to erosion has provided the development of methodologies that clarify the natural potential of areas in order to subsidize the human occupation, creating plans according to local peculiarities. Among the methodologies used, it was referred the creation of the energy charter of relief, the objective of this paper, adopting as studied area the River Basin of Formiga River in the state of Tocantins. As intermediate products, charters of vertical dissection, horizontal dissection and slope are created. The crossing was accomplished through a programming in LEGAL through Spring/INPE, allowing the creation of the synthesis of the energy charter of relief. A great part of the watershed presents an average and weak energy of relief, occupying 48.70% and 36.88% respectively, of its total area. They correspond to areas with plain to flat-rolling slopes, large horizontal dissection and low vertical dissection. Thus, the charters created provide indications about the results of the local movements of the relief shapes and must guide the anthropic occupation process.

Keywords: Geomorphological mapping, watershed, energy of relief.

1. Introdução

A dinâmica inter-relação que existe entre as encostas e os vales fluviais, incluindo a calha do rio, permite constantes trocas de causa e efeito entre esses elementos da bacia

hidrográfica, de forma que mudanças no uso e ocupação da terra nas encostas influenciam processos erosivos que conseqüentemente promoverão alterações na dinâmica fluvial (Guerra & Cunha, 2004).

A dinâmica e as formas topográficas

* E-mail para correspondência: figueiredo_geo@uft.edu.br (Leite, E. F.).

resultantes da ação fluvial sempre chamaram a atenção dos geomorfólogos, e a bacia hidrográfica há muito tem sido considerada a unidade geomorfológica fundamental para estes estudos (Christofolletti, 1978). A mensuração matemática e sua consequente representação cartográfica em estudos de bacias hidrográficas nos revelam características importantes do relevo e podem aperfeiçoar a ocupação destes espaços naturais.

Uma das dificuldades iniciais a se considerar refere-se ao fato de tratar-se de um processo cartográfico no qual se representa um atributo, por definição tridimensional, dispondo-se de apenas duas dimensões. Esta deficiência é suprida através de símbolos, cores e tramas, cujo processo de escolha constitui-se em uma dificuldade à parte, visto que um dos princípios básicos da cartografia é a rapidez e eficiência na comunicação dos fenômenos mapeados (Cunha et. all., 2003).

A representação cartográfica do relevo resulta de traduzir para as duas dimensões de um plano um fenômeno tridimensional que no terreno apresenta variações quantitativas contínuas. Na atualidade este tipo de representação pode facilmente ser elaborado em um computador a partir de um MDE (Modelo Digital de Elevações) dentro de um Sistema de Informação Geográfica (Granell-Pérez, 2004).

A modelagem digital do terreno é um processo de obtenção de modelos desejáveis da superfície terrestre. Tais modelos têm

encontrado ampla aplicação, desde a sua origem no final dos anos 1950, em várias áreas do conhecimento, tais como mapeamento, sensoriamento remoto, engenharia civil, engenharia de minas, geologia, geomorfologia, engenharia militar, ordenamento do território, e as comunicações. Portanto, a modelagem digital do terreno tornou-se uma disciplina recebendo atenção cada vez maior (Li et. all., 2005).

A missão SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* produziu um completo MDE do planeta Terra. Conforme Valeriano (2008) os dados SRTM, na forma em que foram disponibilizados para nosso continente, apresentam resolução horizontal (i.e., resolução espacial) de 3 arco-segundos (~90m) e resolução vertical de 1m. Toda a aquisição dos dados SRTM foi planejada a suprir mapeamentos em escalas entre 1:100.000 e 1:250.000 (Valeriano, 2008).

No universo dos documentos cartográficos que podem ser elaborados para avaliar o relevo, as cartas morfométricas constituem-se, certamente, naquelas de mais fácil leitura para o público não especialista, visto que se trata de cartas coropléticas cuja intensidade de cores está diretamente relacionada à intensidade dos fenômenos mapeados (Cunha et. all., 2003).

Utilizando-se dos dados altimétricos disponibilizados pela missão SRTM e de técnicas da cartografia atreladas ao uso do software Spring/INPE, pode-se inferir os parâmetros morfométricos de dissecação

horizontal, dissecação vertical e declividade, tendo em vista a compartimentação topográfica da área.

Também denominada de amplitude interfluvial, a dissecação horizontal quando cartografada representa a distância que separa os talwegues das linhas de cumeada. Por sua vez, a dissecação vertical constitui a altura relativa entre a linha de cumeada e o talvegue numa dada porção da bacia hidrográfica estudada. A declividade do relevo expressa a sua inclinação em porcentagem ou em graus da relação entre a diferença de altura e a distância horizontal entre dois pontos.

Cunha *et. all.* (2003) explica que através destes documentos cartográficos é possível avaliar o trabalho de dissecação elaborado pelos rios sobre a superfície de interesse. Dessa maneira, a carta de dissecação

horizontal auxilia na avaliação da fragilidade do terreno à atuação dos processos morfogenéticos, indicando setores onde interflúvios mais estreitos denotam maior suscetibilidade à atuação destes. Também é possível analisar o grau de entalhamento realizado pelos cursos fluviais e, principalmente, identificar e comparar os diferentes estágios desse entalhamento no interior da área estudada.

O objetivo deste artigo é a confecção da carta de energia de relevo (Mendes, 1993) a partir do cruzamento matricial da dissecação horizontal, dissecação vertical e declividade, por meio de uma programação em LEGAL no *software* Spring/INPE. Esta carta representa em classes temáticas, índices representativos do risco erosivo para a Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO (Figura 1).

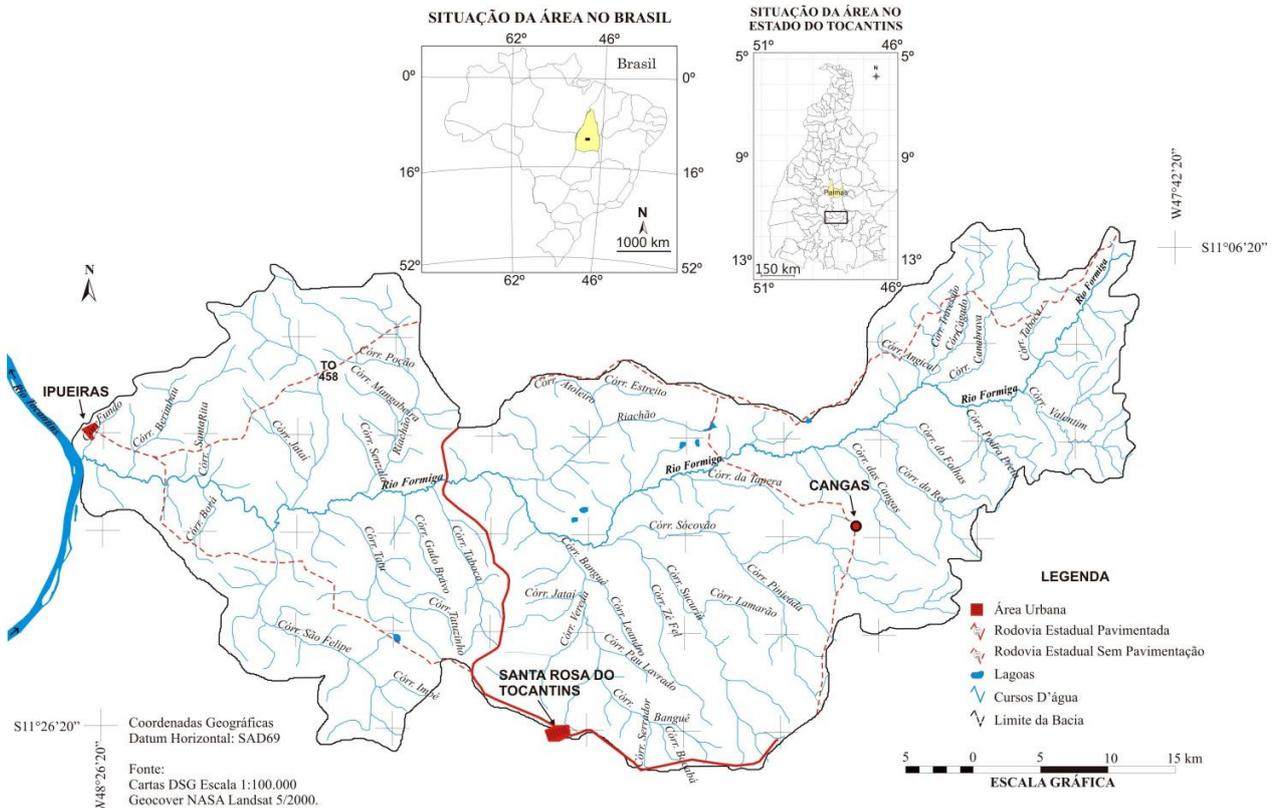


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO.

A bacia hidrográfica do Rio Formiga está localizada no Estado do Tocantins, Brasil. O nome deriva de seu principal curso d'água, o Rio Formiga, que apresenta aproximadamente 96,5 km de comprimento. Este rio é afluente da margem direita do Rio Tocantins, compondo desta forma parte da bacia hidrográfica do Rio Tocantins.

Possui uma área territorial de aproximadamente 180.193 há. Ocupa parte de área dos municípios de Ipueiras (280,39 km²), Silvanópolis (471,95 km²), Pindorama do Tocantins (54,14 km²) e Santa Rosa do Tocantins (995,45 km²), distando aproximadamente 250 km da capital do Estado, Palmas.

Esta bacia é constituída pelas unidades geológicas da Formação Pimenteiras, Suíte Intrusiva Ipueiras, Grupo Natividade, Complexo Goiano, Aluviões Holocênicos e Coberturas Detrito-Laterítica Pleistocênica. Seus aspectos geomorfológicos estão circunscritos à Depressão do Tocantins, Planícies Fluviais, ao Planalto Residual do Tocantins e a Serra João Damião. Apresenta solos das classes Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Gleissolos e Neossolos Litólicos, bem como áreas com Afloramentos de Rochas. A vegetação característica da área é de Cerrado, distinguidas entre Savana Arborizada (Campo Cerrado), Savana Florestada (Cerradão) e Savana Parque.

O regime climático para a bacia é do tipo C2wA'a' (*Thornthwaite*), um clima

úmido/subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno. Possui precipitação média anual em torno de 1450 a 1650 mm. Esta dividido em dois períodos distintos: um período chuvoso que se estende de outubro a abril e um período seco compreendido entre os meses de maio e setembro (Miranda & Bognola, 1999; Seplan, 2008)

2. Material e Métodos

Descreve-se aqui os procedimentos operacionais e os materiais utilizados para a elaboração das cartas de dissecação horizontal, dissecação vertical, declividade e a carta síntese de energia do relevo para a bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO a partir de observações feitas sobre trabalhos de Spiridonov (1981), De Biasi & Cunha (1983), Mendes (1993) e Cunha, Mendes & Sanches (2003). O *software* utilizado foi o Spring na versão 5.1.8, e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em seu site.

Para a elaboração da **dissecação horizontal** (dada pela amplitude interfluvial), no Spring criou-se dois Planos de Informação (PIs) Temáticos. Destes, um PI contendo os vetores da rede hidrográfica, e outro PI contendo vetores dos interflúvios que delimitam sub-bacias no interior da bacia hidrográfica do Rio Formiga.

O plano de informação denominado de *rede hidrográfica* foi gerado no Spring a partir da digitalização direta (edição vetorial) dos canais de drenagem sobre as cartas topográficas de Pindorama de Goiás (Folha

SC-23-Y-C-I) e Santa Rosa (Folha SC-22-Z-D-III). Estas cartas são confeccionadas pelo Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil na escala de 1:100.000 com equidistância entre curvas de nível de 40 metros, cobrindo toda a área da bacia.

A rede hidrográfica foi atualizada a partir de análise visual e vetorização sobre uma cena do sensor TM (satélite Landsat5), órbita 222/ ponto 068, de 12 de maio de 2001. O PI Temático *interflúvio* foi obtido a partir de uma vetorização dos limites das sub-bacias (bacias elementares) observados numa imagem em tons de cinza gerada a partir dos dados altimétricos das cartas topográficas e dos dados Topodata/INPE.

No PI *rede hidrográfica* realizou-se uma operação com o *software* Spring denominada de *Mapa de Distância, Buffers*.

A operação mapa de distância executa análise de proximidade, estabelecendo zonas pré-determinadas (classes de medidas de distância) a partir de certa referência linear, pontual ou zonal. A partir do resultado obtido nesta operação e partindo de cada vetor hidrográfico, foram criadas zonas de distâncias com os seguintes intervalos: < 250m; 250 e 750m; 750 a 2000m; 2000 a 5000 e, por fim, acima de 5000m.

Estes intervalos de classes foram estabelecidos por Crepani *et. all.* (2001). São criados a partir de uma interpretação visual do resultado da operação anterior (um plano de informação temático – TEM) executando uma *Edição Matricial* do PI em questão, e estabelecendo a partir de uma vetorização as classes de amplitude interfluvial supracitadas (**Figura 2**).

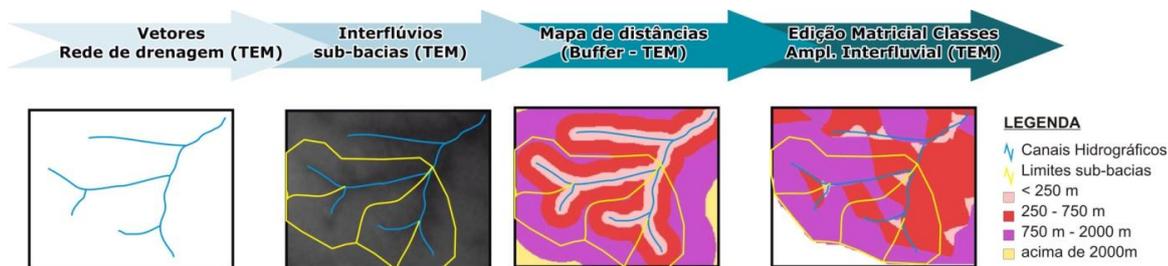


Figura 2. Obtenção semiautomática de dos valores de dissecação horizontal.

A **dissecação vertical** é obtida pelo cálculo da diferença entre cotas altimétricas máxima (interflúvio) e mínima (talvegue) observadas nos dados de altimetria. Partiu-se da proposta de De Biasi & Cunha (1983) para a elaboração de cartas de energia do relevo a partir dos dados altimétricos. Os valores de dissecação vertical foram amostrais, compondo no final uma grade numérica regular e *fatiada* segundo as classes: < que 20

metros, de 20 a 40 m, de 40 a 100 m, 100 a 200 m e < que 200 metros.

Para sua mensuração dispôs-se dos PI *rede hidrográfica*, PI *Interflúvios* das sub-bacias interiores e PI *Isolinhas* com equidistância de 20 metros (estas isolinhas foram geradas de forma automática sobre os dados topodata). Numa bacia elementar traçam-se três vetores perpendiculares ao canal hidrográfico, partindo do alto curso para

o baixo curso. Ao traçar os vetores levou-se em conta a divisão da bacia em baixo, médio e alto curso. Cada vetor parte de um interflúvio a outro, passando pelo talvegue. A diferença entre as cotas altimétricas do interflúvio e do talvegue indicam o intervalo de amplitude altimétrica na vertente observada. Este valor de amplitude é inserido no vetor correspondente com uma edição vetorial e criação de um ponto cotado.

Para cada bacia elementar estipulam-se três medidas amostrais de dissecação vertical (amostras numéricas - MNT). Destas

amostras gerou-se uma grade TIN (*Triangular Irregular Network* / Rede Irregular Triangular) com linhas de quebra (hidrografia, interflúvio, limite da bacia). Desta grade triangular gera-se a grade regular (numérica), que é fatiada para gerar um mapa temático com as classes de dissecação vertical (amplitude altimétrica) para a área da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO. Maiores informações sobre a geração de rede irregular triangular e grade numérica consultar Câmara *et. all.* (1996). A sequencia é ilustrada pela **Figura 3.**

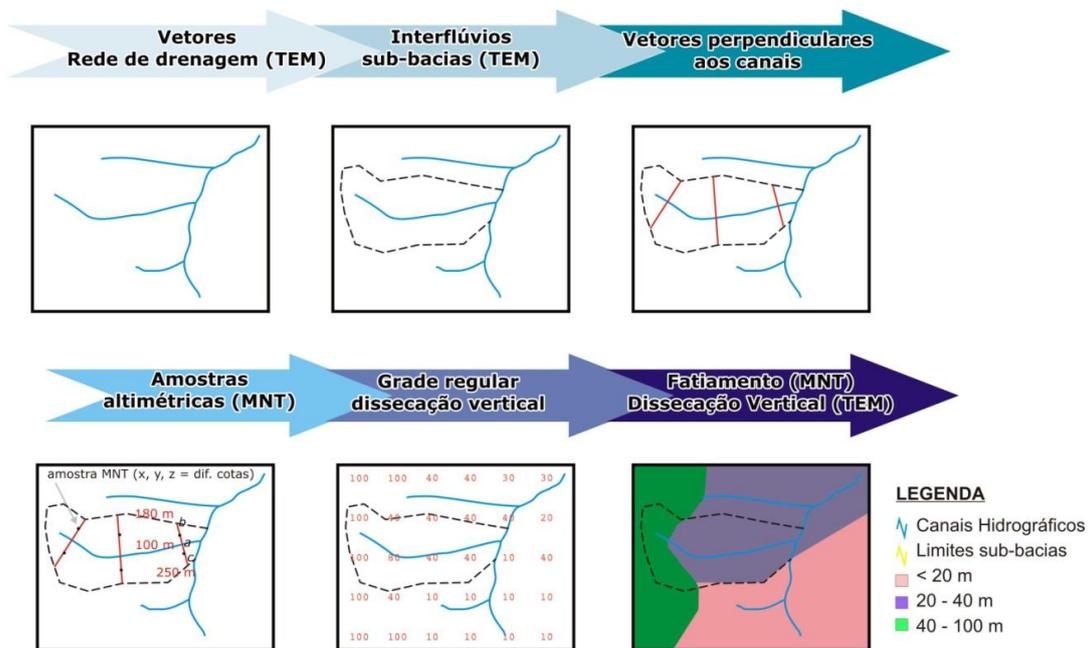


Figura 3. Esquema simplificado de obtenção semiautomática dos valores de dissecação vertical.

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

90°) ou em porcentagem (%) (Câmara *et. all.*, 1996).

No Spring os dados de altitude foram importados como grade regular em um PI MNT (20x20m). Da grade regular geram-se as isolinhas equidistantes 20 metros. As isolinhas são exportadas em formato ASCII-SPRING. Este arquivo é editado com o *software* Bloco de Notas do Windows®

alterando a primeira linha do arquivo original, onde troca-se a palavra CONTOURLINES por SAMPLE (Figura 4).

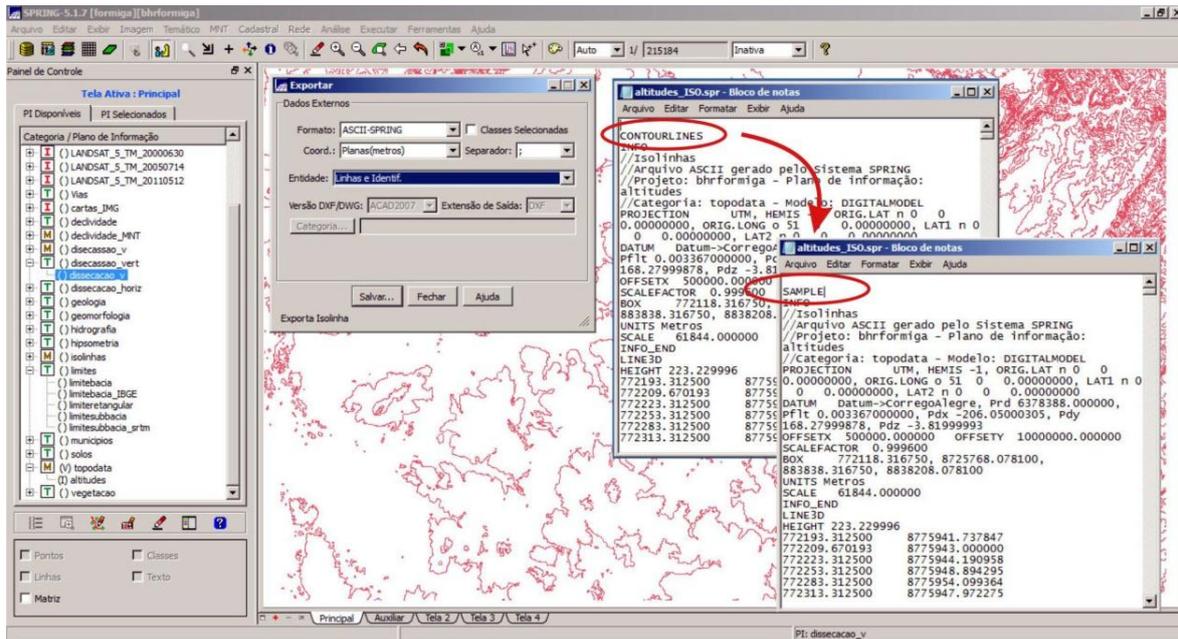


Figura 4. Exportando, editando e importando arquivo altimétrico ASCII-SPRING

Após salvo, o arquivo é importado ao banco de dados do Spring como amostra de MNT. Esta operação possibilita a geração de uma grade triangular pelo referido software, mais adequada para a geração da declividade. Da grade triangular gerou-se uma grade

numérica de declividade em um PI MNT. Este PI, fatiado em intervalos de declividade gera um mapa no modelo temático (raster). A rotina de procedimentos é ilustrada pela Figura 5.

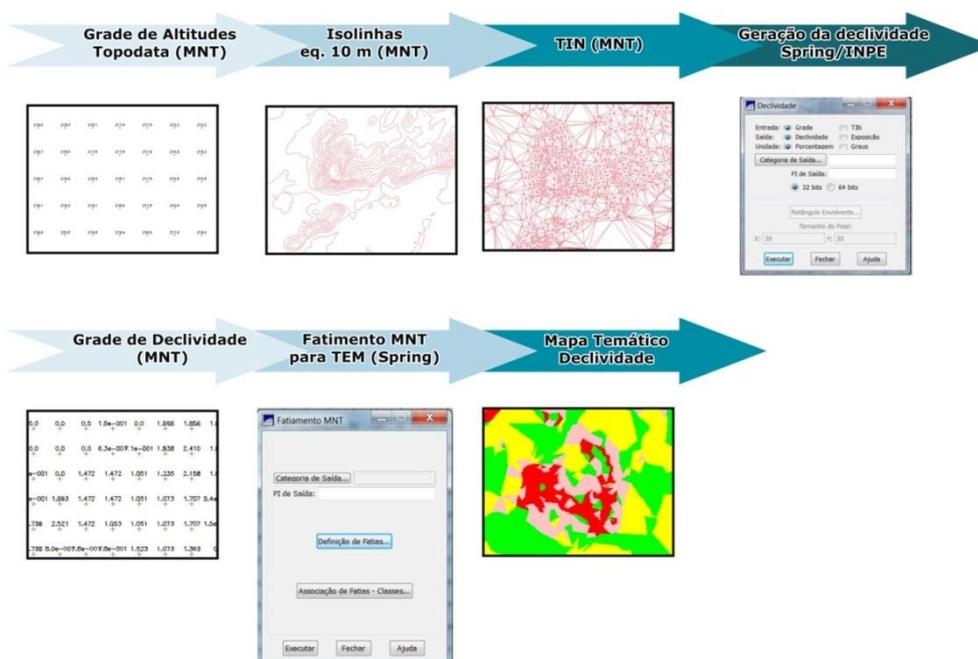


Figura 5. Sequencia de procedimentos para obtenção das classes de declividade.

As classes de declividade aqui adotadas estão expressas na **Tabela 1** com as classes de dissecação horizontal, dissecação vertical e

respectivos pesos utilizados no fatiamento da carta de energia do relevo.

Tabela 1. Pesos atribuídos para as classes de dissecação horizontal e vertical, declividade, energia do relevo.

Dissecação Horizontal	Dissecação Vertical	Declividade	Energia do Relevo	
			Classes e cores	Intervalo dos pesos
Muito Pequena (< 250 m) Peso: 3.0	Muito alta (>200 m) Peso: 3.0	> 50 % Peso: 3.0	Muito Forte	2.7 – 3.0
Pequena (250 a 750 m) Peso: 2.5	Alta (100 a 200 m) Peso: 2.5	20 a 50 % Peso: 2.5	Forte	2.3 – 2.69
Média (750 a 2000 m) Peso: 2.0	Média (40 a 100 m) Peso: 2.0	6 a 20 % Peso: 2.0	Medianamente Forte	1.8 – 2.29
Grande (2000 a 5000 m) Peso: 1.5	Baixa (20 a 40 m) Peso: 1.5	2 a 6 % Peso: 1.5	Média	1.4 – 1.79
Muito Grande (> 5000 m) Peso: 1.0	Muito Baixa (< 20 m) Peso: 1.0	< 2 % Peso: 1.0	Fraca	1.0 – 1.39

As **Carta de Energia do Relevo** apresenta áreas da bacia hidrográfica do Rio Formiga-TO classificadas quanto a síntese dissecação vertical – dissecação horizontal – declividade, fatores diretamente relacionados aos processos erosivos. Para determinarmos estas áreas atribui-se às classes dos PIs Temáticos que representam os aspectos

morfométricos da bacia (dissecação vertical; dissecação horizontal; declividade) valores variando de 1 a 3 e entre cores, das claras para as mais escuras. Valores próximo a 1 e cores claras indicam um nível fraco de energia do relevo. Valores próximos a 3 e cores escuras, nível muito forte, e a 2, níveis intermediários (médios).

No *software* Spring esse processo de atribuição de valores (pesos) é possível através de um operador de *ponderação* utilizando a LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) onde se converte um PI temático em um PI numérico. Com a LEGAL do Spring aplica-se operações e expressões aritméticas em álgebra de mapas, podendo ser *operações locais* onde há uma caracterização de cada posição de uma área de trabalho vista sob uma dada resolução espacial, em função de valores associados a posições equivalentes em uma ou mais representações de dados sobre a mesma área. *Operações zonais* que resultam na avaliação de estatísticas simples sobre valores definidos por operações pontuais e distribuídos por zonas dadas através de feições vetoriais (polígonos, linhas e pontos) ou por regiões definidas através de operações booleanas (Câmara *et. all.* 1996).

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

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

Para aplicação da equação de determinação da energia do relevo cria-se uma *rotina* no LEGAL (**Figura 6**) com uma operação de soma seguida de divisão (média simples pontual). Essa operação é denominada de *sobreposição aritmética* onde a estrutura do arquivo é totalmente alterada em função do operador utilizado, no caso, aplicam-se operadores de adição e divisão. O resultado é um PI MNT com os respectivos resultados variando de 1 a 3. A partir deste PI MNT aplica-se o operador de fatiamento convertendo-o em um PI Temático com as respectivas classes de energia do relevo pretendidas.

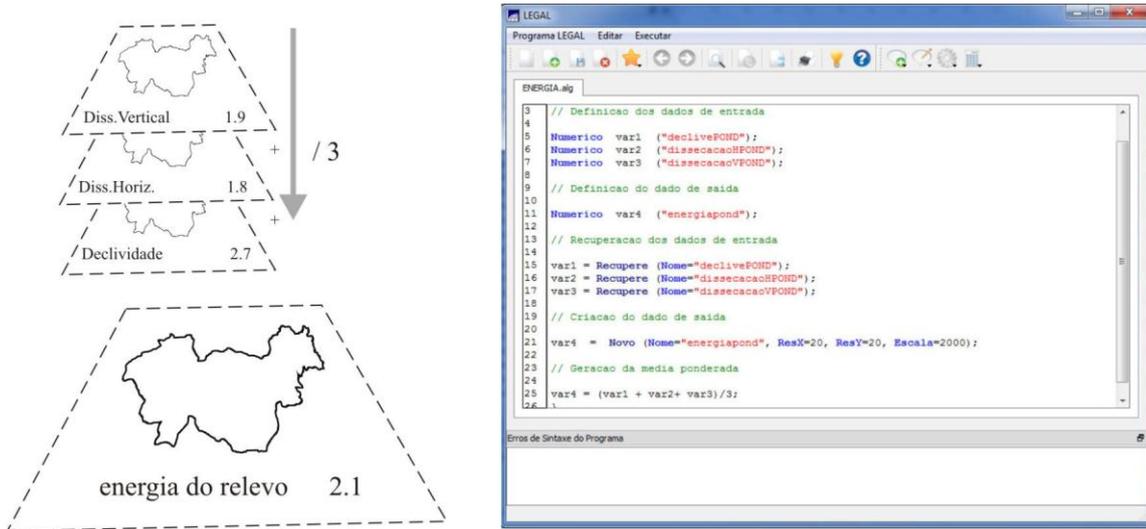


Figura 6. Operação de cruzamento matricial em LEGAL no Spring.

3. Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados em mapas temáticos e tabelas. Expressando desta forma a ocupação de cada classe temática na bacia de forma visual e numérica, respectivamente. Ao analisarmos a carta de dissecação horizontal (Figura 7 e Tabela 2),

verifica-se que grande parte da bacia hidrográfica do Rio Formiga apresenta valores de dissecação horizontal na classe de 750 a 2000 metros. São áreas com relevo ondulado, dissecados em colinas. Na bacia, ocupam uma área de 108.675.24 ha, proporcionalmente 60% de sua área total.

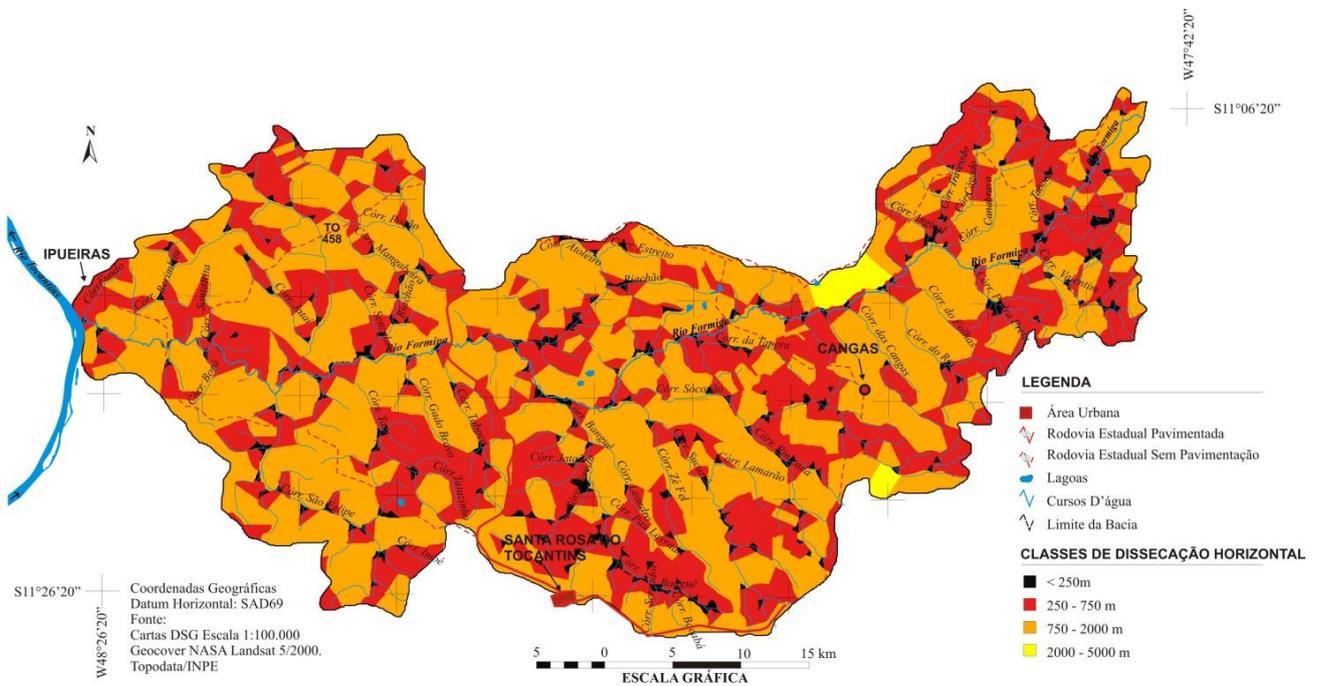


Figura 7. Classes de dissecação horizontal da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.

Aproximadamente 36% da área da bacia apresentam amplitudes interfluviais na classe

de 250 e 750 metros. Correspondem a 64.718,24 ha com relevos fortemente

ondulados, tendo como característica marcante a proximidade com o encontro de dois cursos d'água. Ainda, 5.176,04 ha, ou 2,87% das terras da bacia hidrográfica do Rio Formiga abrangem áreas onde a dissecação horizontal é menor que 250 m. Em menor

extensão, áreas com 2000 a 5000 metros de dissecação horizontal abrangem 1.623,48 ha, ou ainda, 0,90% da área total da bacia apresentando relevos planos a suavemente ondulados.

Tabela 2. Área ocupada pelas classes de dissecação horizontal.

Classes	Área (ha.)	%
Muito Pequena (< 250 m)	5.176,04	2,87
Pequena (250 a 750 m)	64.718,24	35,92
Média (750 a 2000 m)	108.675,24	60,31
Grande (2000 a 5000 m)	1.623,48	0,90
Muito Grande (> 5000 m)	-	-

A dissecação vertical do relevo (**Figura 8 e Tabela 3**) quantificada pela altitude relativa apresenta a seguinte configuração para a bacia. Aproximadamente 75% da área tem amplitudes altimétricas menores que 20 metros. São 134.414,53 ha de dissecação

vertical muito baixa, particularmente situadas em áreas de Planícies Fluviais e na Depressão do Tocantins. Outros 15,79% (28.456,41 ha) correspondem a áreas com variação altimétrica em torno de 20 a 40 metros de dissecação vertical baixa.

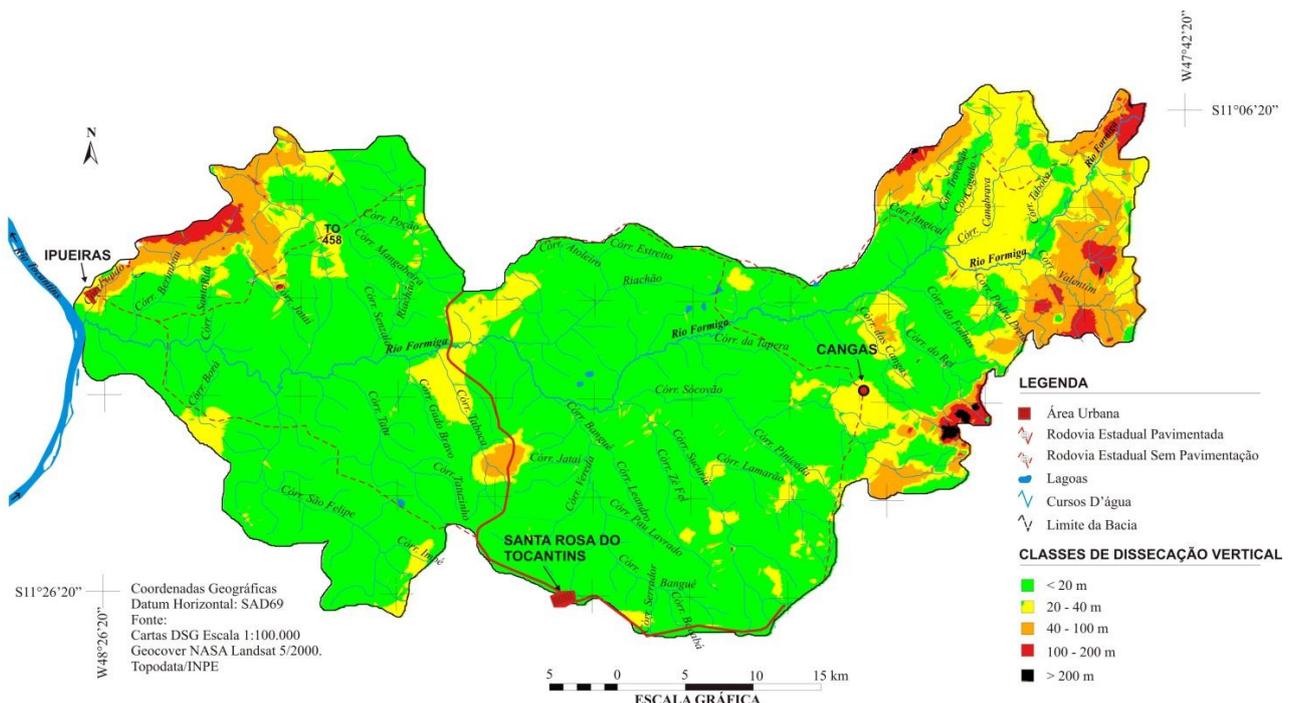


Figura 8. Classes de dissecação vertical da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.

Dissecação vertical média ocupam 13.693,53 ha e se situam na porção noroeste da bacia, próximas a Serra João Damião, e, ainda, na porção leste na transição Depressão do Tocantins – Planalto dissecado do Tocantins, onde os cursos d’água são responsáveis pelo entalhamento mais

pronunciado do relevo, variando de 40 a 100 metros de altitude relativa. Uma pequena porção da bacia, também próxima aos divisores noroeste, leste e sudeste, apresenta alta dissecação vertical na faixa de 100 a 200 metros (1,77%) e muito alta dissecação na faixa superior a 200 metros (0,12%).

Tabela 3. Área ocupada pelas classes de dissecação vertical.

Classes	Área (ha.)	%
Muito alta (>200 m)	217,57	0,12
Alta (100 a 200 m)	3.193,81	1,77
Média (40 a 100 m)	13.693,53	7,63
Baixa (20 a 40 m)	28.456,41	15,79
Muito Baixa (< 20 m)	134.414,53	74,59

Ao analisarmos a declividade (**Figura 9** e **Tabela 4**), verificou-se que 68,94% da área total da bacia hidrográfica do Rio Formiga apresentam declividades menores que 2%,

correspondendo a 124.224,00 ha de relevo próximo a plano. Intervalos de 2 a 6% de declive, na bacia são 37.635,48 ha, ou 20,89% da área com relevo suave-ondulado.

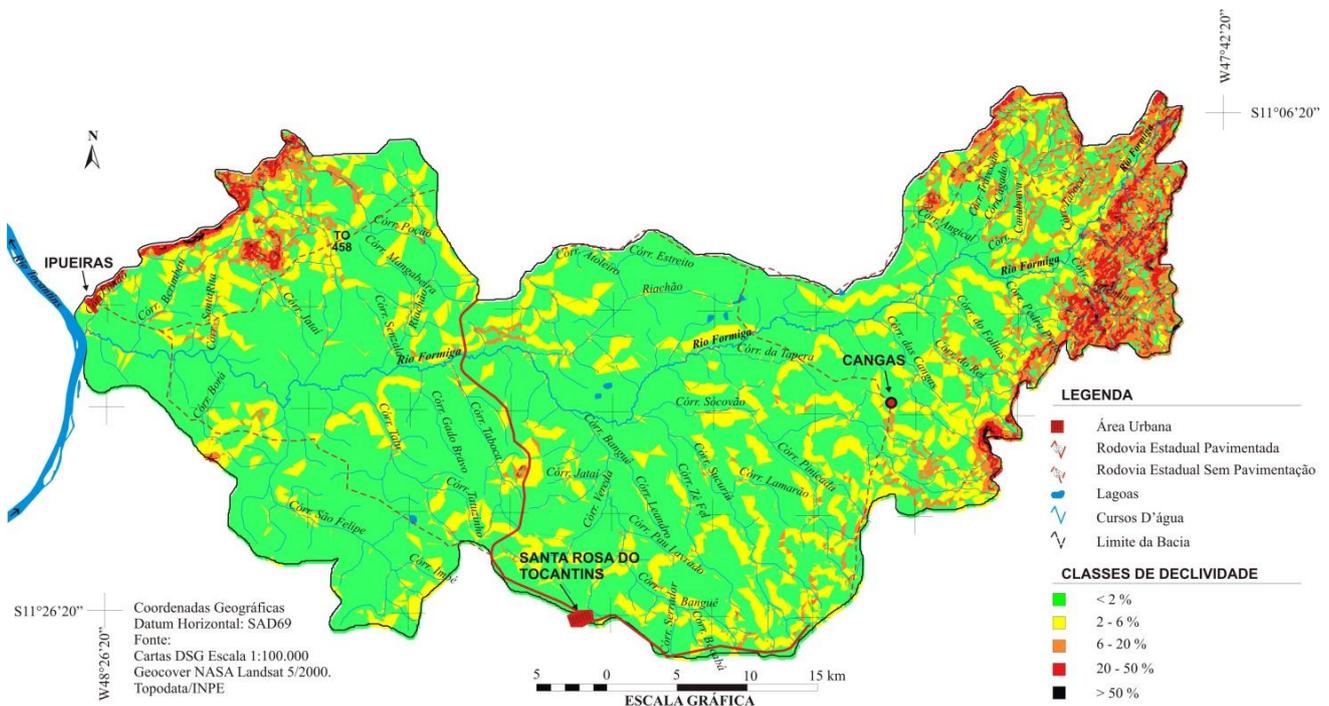


Figura 9. Carta de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.

Na sequência avaliamos que 7,10% da área apresentam relevos ondulados a forte-ondulados, situados na classe de 6 a 20% de declividade e correspondendo a 12.795,00 ha; Também em 2,87% de área da bacia (5.171,00

ha), apresentam declividades entorno de 20 e 50%; e declives maiores que 50% apenas 367,50 ha (0,20%), apresentando relevos de fortemente ondulados a áreas escarpadas.

Tabela 4. Área ocupada pelas classes declividade.

Classes	Área (ha.)	%
> 50 %	367,50	0,20
20 a 50 %	5.171,00	2,87
6 a 20 %	12.795,00	7,10
2 a 6 %	37.635,48	20,89
< 2 %	124.224,00	68,94

Por sua vez, a carta de energia do relevo (**Figura 10 e Tabela 5**), produto cartográfico síntese do cruzamento das cartas de declividade, dissecação vertical e horizontal,

anteriormente elaboradas, apresenta áreas classificadas quanto o seu potencial de desencadeamento dos processos morfogenéticos na bacia.

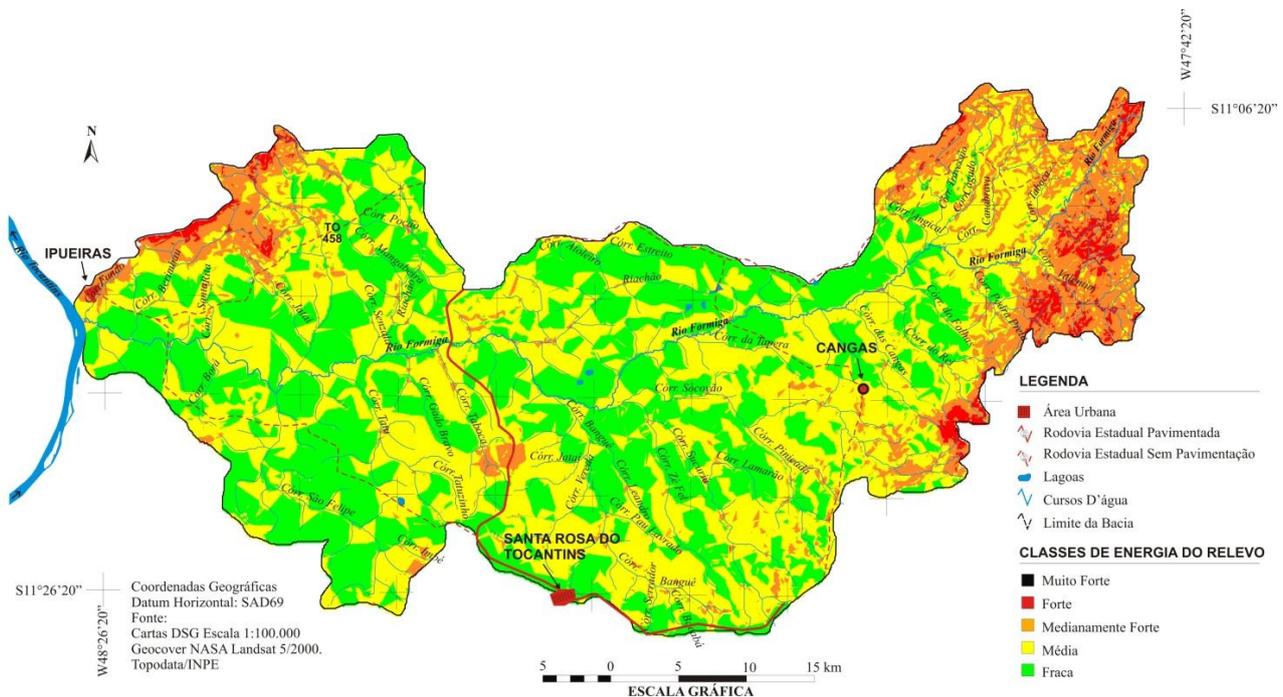


Figura 10. Carta de Energia do Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga-TO.

Áreas com energia do relevo muito forte ocupam apenas 40,94 há. Áreas com forte energia do relevo ocorrem em 3.621,18 ha e áreas com energia do relevo medianamente

forte ocupam 22.318,02 ha de área da bacia. Estas áreas se encontram situadas na interface Depressão do Tocantins – Planalto Dissecado do Tocantins (porção leste da bacia) e Serra

João Damião (a sudoeste), áreas dissecção vertical e pequena dissecção caracterizadas por declives acentuados, alta horizontal.



Figura 11. Em primeiro plano, áreas representativas de fraca e média energia do relevo na Depressão do Tocantins e ao fundo a Serra João Damião com áreas de medianamente forte a forte energia do relevo (Foto do Autor, Novembro/2010).

O Planalto Residual do Tocantins apresenta um compartimento de relevo denominado de serra do Lajeado e do Carmo, como cotas altimétricas médias de 500 m, atingindo os 700 m nas bordas ocidentais, apresentando escarpas abruptas, sob a forma

de frente de cuesta. Por sua vez, a Serra João Damião esta localizada na margem direita do Rio Tocantins e próximo a foz do Rio Formiga, podendo chegar aos 650m de altitude.

Tabela 5. Área ocupada pelas classes de energia do relevo.

Classes	Área (ha.)	%
Muito Forte	40,94	0,02
Forte	3.621,18	2,01
Medianamente Forte	22.318,02	12,39
Media	87.753,34	48,70
Fraca	66.459,54	36,88

Grande parte da bacia apresenta média e fraca energia do relevo, ocupando 87.753,34 ha (48,70%) e 66.459,54 ha (36,88%) respectivamente. Correspondem a áreas com declives planos a suave-ondulados, grande dissecção horizontal e baixa dissecção

vertical. Estas áreas compreendem a Depressão do Tocantins, ocupando 89,74% da área total da bacia hidrográfica (LEITE, 2011). Caracterizando-se por um corredor deprimido do vale do rio Tocantins, com altimetria variando de 200 a 300 m. Seu

relevo apresenta dissecação suave, tendo ao seu entorno a Serra do Lajeado. Caracterizam-se ainda por Planícies Fluviais, planícies recentes, resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas.

4. Conclusões

As bacias hidrográficas são unidades ambientais de análise que possibilitam uma visão holística e sistêmica. Os elementos que caracterizam a estrutura e engendram os processos na paisagem de uma bacia hidrográfica podem apresentar restrições e/ou potencialidades à ocupação antrópica. Através da metodologia proposta foram determinadas áreas potenciais ao desencadeamento de processos erosivos a partir da energia do relevo. A efeito de análise da paisagem a energia do relevo constitui-se em um dos indicadores erosivos, deve-se ainda levar em consideração outros fatores de ordem antrópica, física e biológica.

Na bacia a predominância é de áreas com média e fraca energia do relevo, ocupando respectivamente 48,70% e 36,88% de sua área total. Correspondem a áreas com declives planos a suave-ondulados, grande dissecação horizontal e baixa dissecação vertical. Porém, atenção especial deve ser dada às áreas com energia do relevo muito forte, forte e medianamente forte, uma vez que se a ocupação destas áreas ocorrer por práticas de agropecuária antecedida por desmatamento, podem acelerar os processos erosivos. São áreas situadas principalmente na

interface Depressão do Tocantins – Planalto Dissecado do Tocantins na porção leste e Serra João Damião a sudoeste, áreas caracterizadas por declives acentuados, alta dissecação vertical e pequena dissecação horizontal.

Informações referentes ao uso e ocupação do solo e as práticas de manejo adotadas na bacia são informações importantes para a ordenação do espaço e serão levantadas em estudos futuros. A carta de energia do relevo poderá nortear o processo de ocupação antrópica e o manejo que é dado à área.

5. Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Federal de Uberlândia e a Universidade Federal do Tocantins pela infraestrutura laboratorial e pela logística em trabalho de campo.

6. Referências

Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. (1996). "Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". *Computers & Graphics*, v.20, n.3, p. 395-403, may-jun.

Christofolletti, Antônio. (1978). Morfologia de bacias de drenagem. *Not. Gemorfol.*, Campinas, 18 (36):130 - 132, dez.;

Crepani, Edison; Medeiros, José Simeão de Medeiros; Filho, Pedro Hernandez; Florenzano, Teresa Gallotti; Duarte, Valdete; Barbosa, Cláudio Clemente Faria. (2001).

Sensoriamento Remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. INPE: São José dos Campos. 103 pag.

Cunha, Cenira Maria Lupinacci; Mendes, Iandara Alves; Sanchez, Miguel Cezar. (2003). Técnicas de elaboração, possibilidades e restrições de cartas morfométricas na gestão ambiental. Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 415-429, set./dez.

DE BIASI, Mario; CUNHA, Keith Bento da. (1983). Cartas de energia do relevo: sua confecção e utilização. B. Goiano Geogr. 3(1-2):195-200, jan./dez.

Guerra, Antônio José Teixeira; Cunha, Sandra Baptista da. (2004). Geomorfologia e Meio Ambiente. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 394 p.

Li, Zhilin; Zhu, Quing & Gold, Christopher. (2005). Digital Terrain Modeling: Principles and methodology. CRC. 326 p.

Mendes, I.A. (1993). A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP. 1993. 171f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 172 p.

Miranda, Evaristo de Miranda & Bognola, Itamar Antonio. (1999). Zoneamento

Agroecológico do Estado do Tocantins. Campinas, Maio de 1999. Disponível em <http://www.zaeto.cnpm.embrapa.br>.

Seplan (2008). - Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Secretaria do Planejamento - SEPLAN. Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado por Ricardo Ribeiro Dias, Eduardo Quirino Pereira e Lindomar Ferreira dos Santos. 5 ed. rev. atu. Palmas: Seplan. Disponível em <http://www.seplan.to.gov.br>. 62 pag.

Spiridonov, A. I. (1981). Princípios de La Metodologia de las Investigaciones de Campo y El Mapeo Geomorfológico. Universidad de La Havana, Facultad de Geografia. Tomo.3. Havana. 169 p.

Valeriano, Márcio de Morisson. (2008). Topodata: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE. 44 p.

Zacharias, Andréa Aparecida; Freitas, Maria Isabel Castreghini de; Sanches, Miguel Cezar. (2004). Cartas de dissecação horizontal e vertical do relevo – a proposta de Spiridonov: um método comparativo entre mapeamentos obtidos por meio de técnicas analógicas e técnicas digitais. Ciência e Natura. Santa Maria: UFSM. Pag. 47-68.