

## COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA EM ESCALA REGIONAL DA BACIA DO RIO PARANÁ

Potira Meirelles Hermuche<sup>1</sup>  
Adriana Carvalho de Andrade<sup>1</sup>  
Renato Fontes Guimarães<sup>1</sup>  
Laiza Rodrigues Leal<sup>1</sup>  
Osmar Abílio de Carvalho Júnior<sup>2</sup>  
Éder de Souza Martins<sup>3</sup>

1- Depto. de Geografia, UnB, Brasília/DF; 2 – Divisão de Sensoriamento Remoto,  
INPE, São José dos Campos/SP; 3 - EMBRAPA Cerrados, Brasília/DF

Palavras-chave: compartimentação geomorfológica; morfometria; MODIS.

Eixo 2: Aplicação da Geografia Física à Extensão

Sub-eixo 2.2: Aplicação de Novas Tecnologias

### 1.Introdução

Atualmente, torna-se crescente a necessidade do desenvolvimento de metodologias que sistematizem a distinção de unidades geomorfológicas. Nesse sentido, parâmetros morfométricos como declividade, altimetria, aspecto, área de contribuição etc, têm sido utilizados na distinção de unidades (Leal *et al*, 2003; Hermuche *et al*, 2003) e na caracterização dos processos hidrológicos e geomorfológicos (Moore *et al.*, 1991; Schimidt and Dikau, 1998). No entanto, para que esses parâmetros descrevam todos os detalhes da superfície torna-se necessário o desenvolvimento de modelos e métodos específicos (Evans, 1984 a; Evans and McClean, 1995).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) vem se consolidando como potente

instrumento para as atividades de planejamento, principalmente no que se refere à visualização de informações geográficas, análises espaciais e simulação de fenômenos (Carvalho, 2002). Nesse contexto, pode ser visto como uma ferramenta que simplifica o trabalho do planejador integrando variadas fontes de dados e automatizando a produção de documentos que enriquecem o processo de planejamento (Campos, 2001).

A utilização do SIG oferece diversas vantagens como, por exemplo, a redução da subjetividade existente nas operações de cruzamento manual de informações, rapidez nas operações de sobreposição de mapas temáticos e cálculo de áreas, além das facilidades de atualização e aperfeiçoamento dos diagnósticos com a introdução de novos itens na base de dados (Rosa, 1995).

A distribuição dos elementos quantificados que descrevem as paisagens apresenta propriedades que se agrupam em padrões homogêneos que caracterizam unidades fisiográficas e pedológicas. Nesse sentido, a espacialização das unidades geomorfológicas apresenta-se nas paisagens com forte influência das variações morfométricas.

Dentro desse contexto, a compartimentação geomorfológica nos fornece uma visão integrada do meio físico, pois considera as variáveis responsáveis pela estrutura resultante da paisagem “visando à organização de um esboço geomorfológico e estabelecendo uma síntese da compartimentação e seus reflexos na ocupação do solo” (Cassetti, 1981).

O presente trabalho tem como objetivo a aplicação da metodologia baseada em parâmetros morfométricos, como declividade e altimetria, para a elaboração do mapa de compartimentação geomorfológica, em escala regional (1:250.000), da Bacia Hidrográfica do Rio Paranã a partir de técnicas de SIG, além da comparação do mesmo com o mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982). Um outro objetivo foi a complementação do estudo com a análise da imagem de satélite do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*).

## 2. Área de estudo

A área de estudo escolhida foi a bacia hidrográfica do Rio Paranã que está situada na parte leste de Goiás e sul de Tocantins (**Figura 1**), entre as latitudes 11°36' e 15°59' e longitudes 45°88' e 48°25', limitada a leste pela Serra Geral de Goiás, e possui uma área de drenagem de 59.359 km<sup>2</sup>.

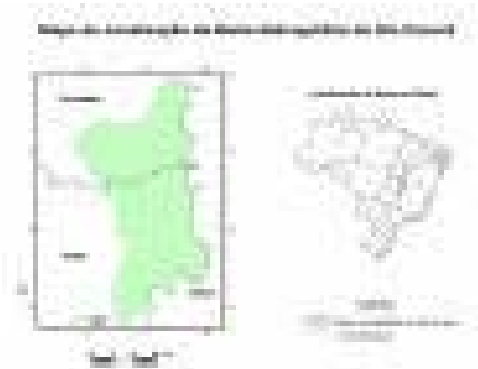


FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO PARANÃ  
(clique na figura para ampliá-la)

## 3. Processamento Digital dos Parâmetros Morfométricos

### 3.1. Confecção do Modelo Digital de Terreno e dos Mapas Derivados

O Modelo Digital de Terreno (MDT) representa uma determinada superfície em uma estrutura matemática possibilitando uma visualização tridimensional e a extração de

informações derivadas (Teixeira et al., 1992). É um parâmetro extremamente útil no caso da compartimentação geomorfológica, além de subsidiar o mapeamento geológico, pedológico e hidrológico (Figura 2).

O MDT deve ser elaborado com alta resolução e precisão, fundamental para a confecção dos mapas derivados que servirão de subsídio para a análise dos padrões do relevo e rede de drenagem (Dietrich et al., 1993; Moore et al., 1988).

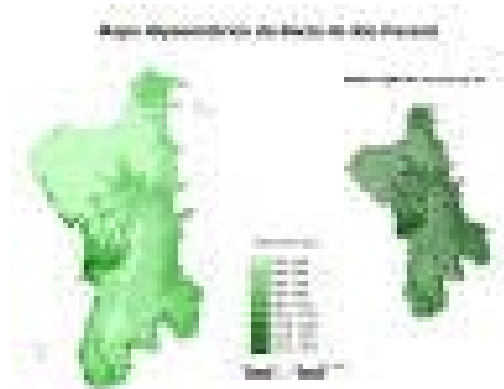


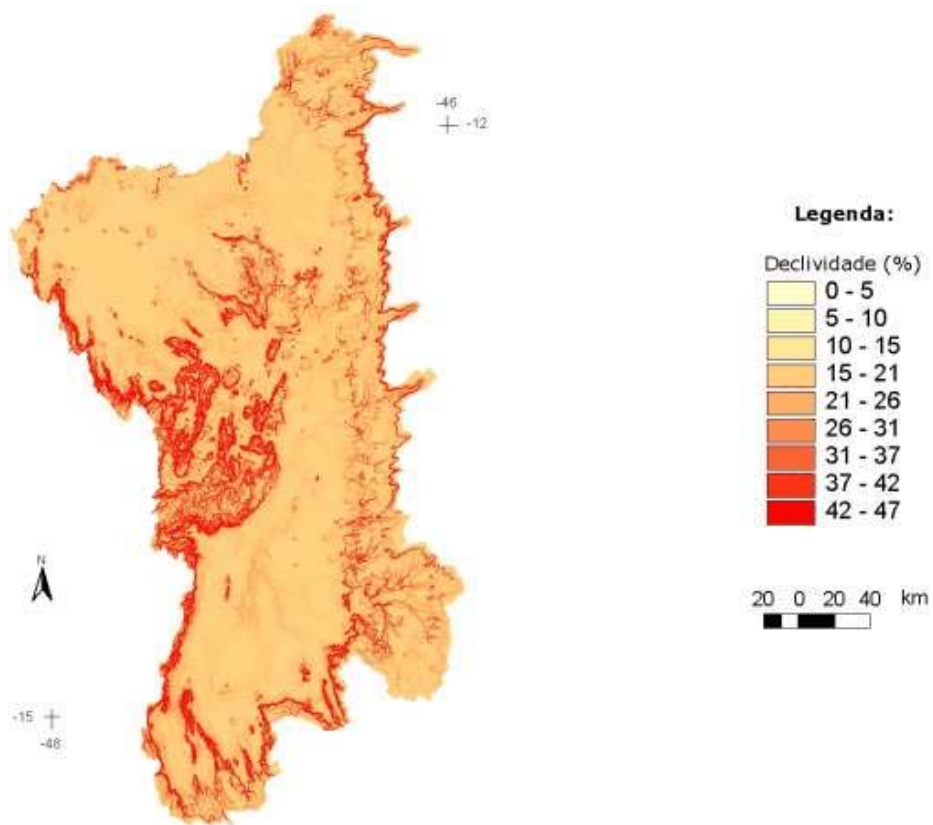
FIGURA 2 – MAPA HIPSONÉTICO E REPRESENTAÇÃO EM 3D DA BACIA DO RIO PARANÃ  
(clique na figura para ampliá-la)

Para a confecção do MDT da Bacia do Rio Paranã foram utilizadas 3 cartas digitais (SC-23, SD-22, SD-23) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em escala 1:250.000, que continham dados relativos às curvas de nível e hidrografia da região.

Na primeira etapa do tratamento das cartas foi feita a correção e junção das curvas de nível no software ArcView 3.2 e a correção da direção do fluxo dos rios no software ArcInfo 8.1. Posteriormente aplicou-se a ferramenta merge do software ArcView 3.2 para unir as cartas em um único arquivo.

A partir dos dados hipsométricos e de hidrografia foi gerado o MDT, com pixel de 100m, utilizando-se o módulo Topogrid do software ArcInfo 8.1, que emprega uma técnica de interpolação por diferenças finitas, voltada para aplicações em hidrologia (ESRI, 1993b). De posse do MDT confeccionou-se no software ArcView 3.2 os mapas derivados de declividade e aspecto.

FIGURA 3 – MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO PARANÃ



As mais altas declividades, definidas no mapa pela cor vermelha, estão localizadas principalmente nos limites da bacia e preferencialmente na parte oeste, alcançando até 47% (Figura 3).

O mapa de aspecto (direção do fluxo) expressa o ângulo entre a direção do fluxo e o norte geográfico (Figura 4). A Bacia do Rio Paraná não apresenta direção preferencial do fluxo e possui um padrão de drenagem do tipo dendrítica arborescente (Guerra & Guerra, 1997)

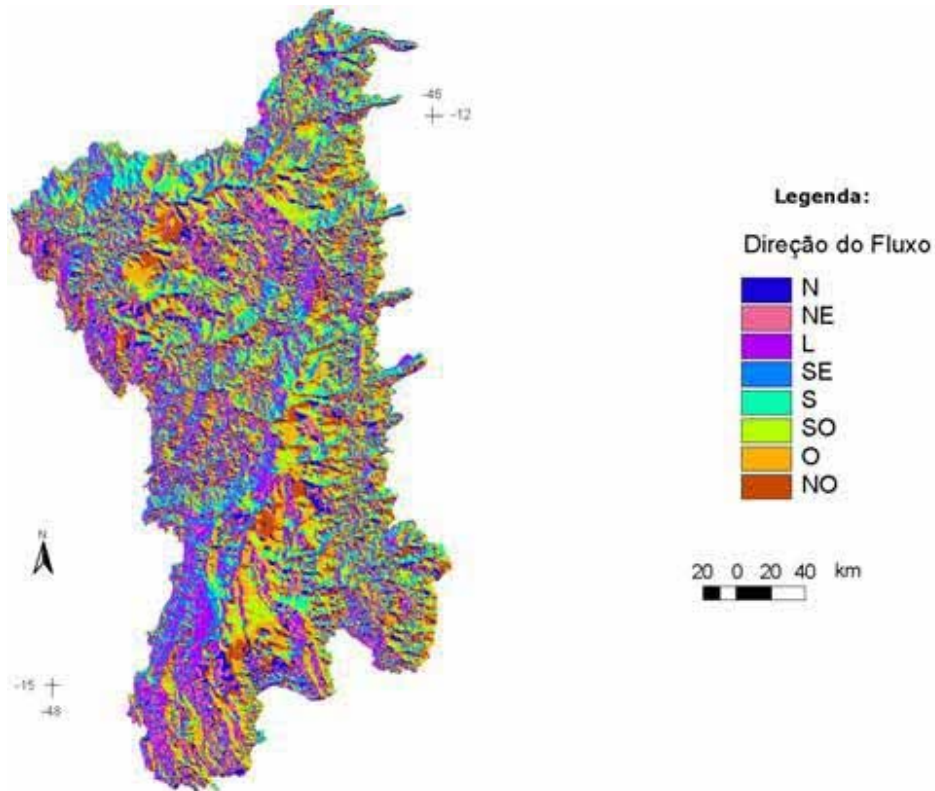
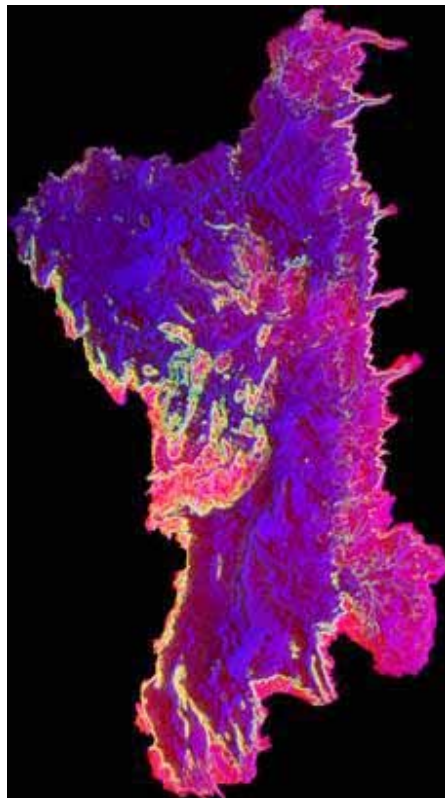


FIGURA 4 – MAPA DE ASPECTO DA BACIA DO RIO PARAN 

### 3.2. Realce Digital dos Parâmetros Morfométricos por Meio de Composi o Colorida.

A composi o colorida, realizada no software ENVI 3.5, baseia-se na combina o de imagens, utilizando-se as três cores primárias (vermelho, verde e azul – RGB). A partir desse processo são geradas imagens coloridas que permitem uma análise visual contribuindo para a descri o das unidades geomorfológicas. Entretanto,   necessário aten o na combina o das imagens, de forma a realçar as fei es do relevo.

Para a bacia em estudo a composi o que melhor individualizou as unidades geomorfológicas foi a composta pelo MDT (R), declividade (G) e aspecto (B) (Figura 5)



**FIGURA 5** – COMPOSIÇÃO COLORIDA FORMADA POR MDT (R), DECLIVIDADE (G) E ASPECTO (B).

A composição colorida possibilitou uma distinção preliminar de cinco grandes unidades geomorfológicas, tendo definido as unidades pelas cores amarelo, rosa claro, rosa escuro, azul e roxo escuro.

### 3.3. Análise Estatística pelo Histograma de Frequência

A apresentação gráfica de dados relativos a uma variável contínua, dispostos em uma tabela de distribuição de freqüências, pode ser feita por meio de um histograma (Vieira, 1988). O histograma de freqüência de dados morfométricos indica onde estão as zonas de transição entre as principais unidades geomorfológicas.

O histograma relativo à declividade indicou, a partir do ponto de inflexão (que delimita dentro da área de estudo zonas de alta e baixa declividade) as áreas com valores maiores que 2,4% (Figura 6).



**FIGURA 6** – HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA DECLIVIDADE E UNIDADE ONDE SE

#### ENCONTRAM AS MAIS ALTAS DECLIVIDADES

No histograma de hipsometria (**Figura 7**) pode-se observar a frequência dos dados altimétricos que serviram de base para a distinção de quatro unidades geomorfológicas (**Figura 8**), com limites máximo e mínimo apresentados na **tabela 1**, dentre as cinco já observadas nas composições coloridas. Essas unidades foram definidas a partir da comparação com o mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982).

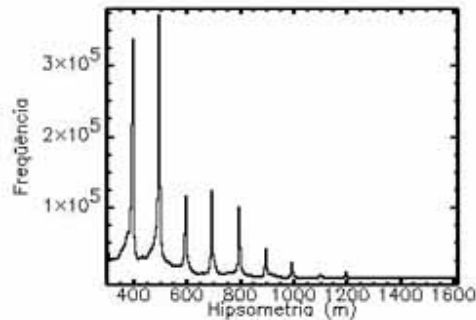


FIGURA 7 – HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA HIPSOMETRIA

#### Unidades geomorfológicas delimitadas a partir do histograma de frequência da hipsometria

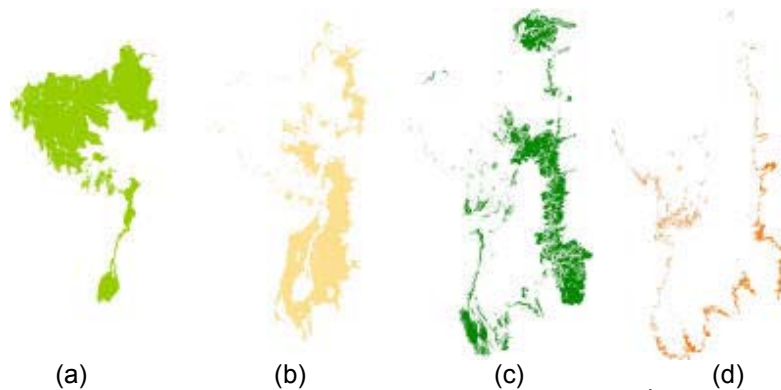


FIGURA 8 – UNIDADES DELIMITADAS A PARTIR DO HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA HIPSOMETRIA  
(clique nas figuras para ampliá-las)

#### Tabela de limites máximo e mínimo das unidades delimitadas pelo histograma de frequência da hipsometria

Unidade	Limite Mínimo	Limite Máximo
a	298	429
b	429	553
c	553	852
d	852	1617

TABELA 1 – LIMITE DE 4 UNIDADES DA COMPARTIMENTAÇÃO

#### 4. Comparação do Mapa de Compartimentação Geomorfológica com o Mapa Geomorfológico do RADAMBRASIL (1982).

Definidas as unidades a partir dos histogramas de frequência de declividade e

hipsometria, obteve-se como resultado final a compartimentação geomorfológica da Bacia do Rio Paraná, que apresentou unidades bem definidas e com seus limites bastante precisos (**Figura 9**).



FIGURA 9 – COMPARAÇÃO ENTRE O MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E O MAPA GEOMORFOLÓGICO DO RADAM

O mapa elaborado, quando comparado ao mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982), apresenta vantagens e desvantagens.

Em relação ao limite das unidades, o mapa elaborado mostrou-se bastante eficaz, delimitando as mesmas com bastante precisão. Outra vantagem foi a definição de uma nova unidade, que é relativa ao processo de evolução da dissecação fluvial de aprofundamento, intitulada, assim, de dissecação fluvial de aprofundamento com baixa declividade. Esta foi delimitada, diferentemente da primeira (que utilizou o parâmetro declividade), a partir da altimetria, sendo, então, a unidade na qual estão localizadas as mais altas altimetrias da bacia (Figura 10).

Por outro lado, o mapa de compartimentação geomorfológica não individualiza a unidade referente aos terrenos calcários - relevo cárstico ou karst de acordo com o RADAMBRASIL (1982) (Figura 11).

A hipsometria das unidades definidas pelo RADAMBRASIL (1982) está distribuída praticamente dentro de um mesmo intervalo, o que demonstra que a metodologia adotada não levou em consideração a diferença dos valores altimétricos para a definição das unidades geomorfológicas (Tabela 2).

#### **Tabela de limites máximo e mínimo das unidades delimitadas pelo RADAMBRASIL (1982)**

tabela 2 – limite das unidades do RADAMBRASIL (1982)

Nesse contexto, algumas observações podem ser feitas em detalhe:

1)



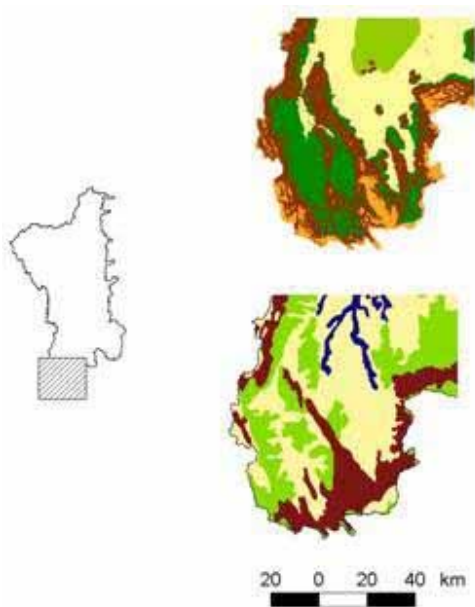


FIGURA 10 –COMPARAÇÃO EM DETALHE

2)

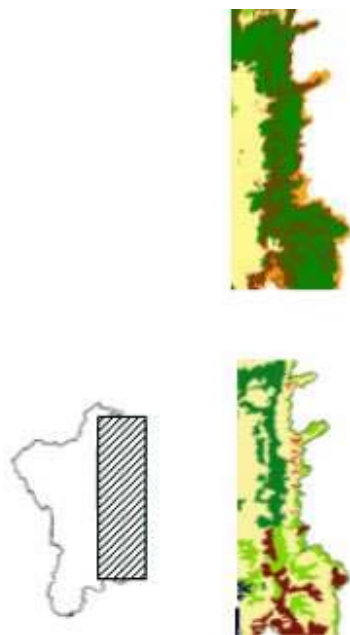


FIGURA 11 –COMPARAÇÃO EM DETALHE

A unidade definida pelo RADAMBRASIL (1982) – (b) - como dissecação fluvial de aprofundamento (representada pela cor marrom), é caracterizada por possuir altas declividades, entretanto do ponto de vista da morfometria (a), existe uma porção de declividade baixa (unidade representada pela cor laranja). Nesse sentido, nessa unidade os processos de dissecação encontram-se em fase inicial (dissecação fluvial de aprofundamento com baixa declividade).

O mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982) – (b)- apresenta uma unidade específica dos relevos cársticos (representado pela cor verde escuro), que não obedece os parâmetros morfométricos, uma vez que seus limites altimétricos abrangem praticamente toda a amplitude da bacia (371 à 1016 metros), contrapondo-se com a metodologia desenvolvida que definiu esse tipo de relevo a partir do intervalo de altimetria entre 553 e 852 metros.

## 5. Utilização da Imagem MODIS para Complementação do Estudo

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) é um imageador espectroradiométrico composto por um scanner óptico de varredura transversal e um conjunto de elementos detectores individuais para fornecer imagens da superfície terrestre (NASA, 2003). Esse está a bordo dos satélites Terra (EOS-AM) e Aqua (EOS-PM), que possuem suas órbitas em torno da Terra cronometradas de modo que o primeiro passe de norte a sul através do equador pela manhã, enquanto o segundo passa de sul a norte pela tarde. Ambos cobrem a superfície da terra inteira de 1 a 2 dias.

adquirindo dados em 36 faixas espectrais, ou grupos de comprimento de onda, além de fornecerem dados com resolução espacial de 250, 500, 1000m (NASA, 2003). A imagem MODIS utilizada para complementação do estudo foi a identificada como H13V10, de 2003, com resolução de 250 metros.

A composição colorida em RGB da imagem MODIS, formada pelas bandas blue reflectance, NIR reflectance e MIR reflectance, compatíveis com as bandas 3, 4 e 5 do sensor LANDSAT 7 ETM+, indicou a localização dos terrenos calcários a partir da resposta diferenciada da vegetação coincidindo seus limites, em grande parte, com a unidade dos relevos cársticos do mapa de compartimentação geomorfológica (representada pela cor verde escuro) (Figura 12), o que não acontece com o mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982) (Figura 9).

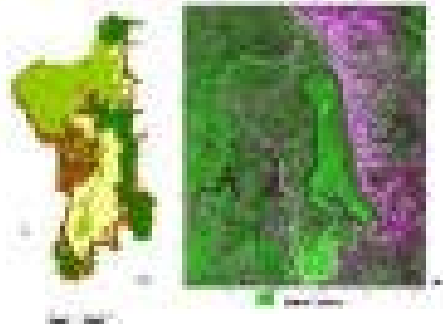


FIGURA 12 – COMPARAÇÃO ENTRE O MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E A IMAGEM MODIS

(clique na figura para ampliá-la)

## 6. Conclusão

A compartimentação geomorfológica, realizada a partir de dados morfométricos, demonstrou ser um importante instrumento de análise da paisagem, permitindo identificar padrões e delimitando, em escala regional, com precisão as grandes unidades geomorfológicas da bacia do Rio Paraná.

Essa compartimentação, baseada no processamento digital de imagens e suas estatísticas, quando comparada ao mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1982), demonstrou ser bastante eficiente.

A imagem MODIS possibilitou um reconhecimento em escala regional da área de estudo, permitindo, assim, a visualização dos terrenos calcários, que, na compartimentação geomorfológica, não coincidiam com a unidade delimitada no RADAMBRASIL (1982), corroborando a análise do mapa gerado.

Nesse sentido, o trabalho alcançou com sucesso os objetivos propostos, fornecendo uma distinção preliminar das grandes unidades da área estudada, em função da escala utilizada (1:250.000). Uma nova compartimentação pode ser realizada, a partir de uma escala local, propiciando uma delimitação mais detalhada.

## 7. Bibliografia

CAMPOS, C.V. Análise das redes de infra-estrutura e vazios urbanos com uso de geoprocessamento. Dissertação de mestrado, publicação MTARH.DM – 039A/2001, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 135p.

CARVALHO, M.S.; PINA, M.F e SANTOS, S.M (org). Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde. Brasília: Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, 2000. 124p.

CARVALHO. S. S. Áreas Livres para Ocupação Urbana no Município de Salvador: uma

aplicação de tecnologias de geoprocessamento em análise espacial. Dissertação de mestrado. Laboratório de Computação Gráfica Aplicada à Arquitetura e ao Desenho - LCAD – FAUFBA – UFBA, Salvador, 2002.

CASSETI, Valter (1981). Estrutura e Gênese da Compartimentação da Paisagem de Serra Negra (MG). Goiânia: Editora da UFG. 124p

DIETRICH, W.E.; WILSON, C.J.; MONTGOMERY, D.R.; McKEAN, J. Analysis of erosion thresholds, channel networks and landscape morphology using a digital terrain model. *Journal of Geology*, Chicago, v.101, 1993. p 259-278.

EVANS and MCCLEAN. The land surface is not unifractal: variograms, cirque scale and allometry. *Zeitschrift für Geomorphologie N. F. Suppl*, 1995 – Band 101: 127-147.

EVANS, L. S. Correlation structures and factor analysis in the investigation of data dimensionality: statistical properties of the Wessex land surface. *Proceedings, International Symposium on Spatial Data Handling '84* v.1:98-116, Geogr. Inst., Universität Zürich-Irchel, Zürich, Switzerland, 1984.

GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1997.

HERMUCHE, P. M., CARVALHO JR., O. A., GUIMARÃES, R. F., CARVALHO, A. P. F., MARTINS, E. S., FUKS, S. D. Processamento Digital de Imagens Morfométricas Para Subsidiar o Mapeamento Pedológico. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte. CD-ROM do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2003.

LEAL, L.R., ANDRADE, A. C., CARVALHO JR., O. A., GUIMARÃES, R. F., PANQUESTOR, E. K., RAMOS, V. M. Definição de Unidades Geomorfológicas a partir de Imagens de Dados Morfométricos na Bacia do Rio Grande (BA). In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte. CD-ROM do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2003.

MOORE I. D., GRAYSON, R.B. AND LADSON A. R., 1991; Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. *Hydrological Processes* 5:3-30.

MOORE, I.D.; O'LOUGHLIN, E.M.; BURCH, G.J. 1988. A counter-based topographic model for hydrological and ecological applications. *Earth Surface and Processes and Landforms*, v.13, p.305-320.

ROSA, R. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. Uberlândia: Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 1995. 117p.

SCHIMIDT AND DIKAU. Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models – semantics, methods, future needs. In DIKAU, R. and SAURER, H. (eds) *GIS in physical geography*, 1998.

TEIXEIRA, A. L. A., MORETTI, E. & CHRISTOFOLETTI A. *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*, Rio Claro: Edição do Autor, 1992. 79pp.

VIEIRA, S. *Introdução a Bioestatística*. 5ed. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 293p.