

Mapeamento Geomorfológico: Considerações Metodológicas Utilizando Recursos de Modelos Digitais de Elevação

Elizon Dias Nunes¹
Robson Martins de Oliveira²
Gitair Moreira dos Santos³

^{1 2 3}Instituto de Estudos Sócioambientais - IESA/UFG
Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Sócio-Ambientais
Programa de Pesquisa e Pós Graduação em Geografia
Campos II 74000-000 - Goiania, GO – Brasil
elizonnunes@gmail.com; robsonmartins37@gmail.com; gita@ucg.br

ABSTRACT: This paper deals with mapping geomorphologic features using digital elevation models. It makes conceptual and methodological considerations of the opposing forces and structural mechanism morphoclimatic of the Earth, training process and relief sculpture through pedogenetic and morphogenetic processes, exogenous factors, soil formation and the forms of relief. It pointed out that information generation and processing of georeferenced spatial data contribute to the studies related to the structures and landforms, which represent the best products attitudes with more fidelity and better opportunities in the development of forms. The study areas is the sub-basin of the Fish river, southwest of the State of Goiás was founded in the methodology of Ross (1992) Geomorphology and Technical Manual (IBGE, 1955): a) bibliographic material, b) structuring a database at 1:100,000 scale, c) interpretation and delineation of geomorphic units along with ways to Modelado. The results showed an improvement in accuracy and evidence of geomorphology, in recognizing the limits of the basin, accounting for forms at each ninety meters. It concludes that the availability of products from Digital Elevation Models with satellite images of high resolution is new possibility for design and interpretation of relief aspects.

Keywords: digital elevation models, geomorphology, GIS, watershed, modelos digitais de elevação, geomorfologia, geoprocessamento, bacia hidrográfica.

1. Introdução

O relevo é entendido como sendo o resultado das forças antagônicas que podem ser sintetizadas pelas atividades tectônicas e estruturais movidas pela energia advinda das porções mais internas da Terra e pelos mecanismos morfoclimáticos, originados pela interação da energia do sol com os fluídos da atmosfera e hidrosfera ao longo do tempo geológico, observando que “cada momento do relevo constitui um fim em si” (CHORLEY, 1950). Para Casseti (2006), a partir do momento em que se analisa o relevo atual e as formas que o mesmo apresenta, os fatores internos ficam em um segundo plano, tendo em vista que seus reflexos são sentidos numa escala de tempo geológico. Exceção se faz as manifestações “catastróficas” como os vulcanismos e os abalos sísmicos, evidenciados nas zonas de dobramentos modernos. Entretanto, quando se procura analisar o processo de formação e esculturação do relevo o substrato geológico assume também grande importância, uma vez que é sobre ele que atuam os mecanismos morfoclimáticos condicionando os processos pedogenéticos e morfogenéticos.

O relevo pode ser caracterizado - em pequenas escalas - por extensas superfícies que apresentam entre si determinado grau de similaridade quanto à estrutura que apresentam e a altitude em que se localizam. Nesse sentido os fatores como as formações geológicas assumem maior importância, uma vez que as mesmas dão sustentação às grandes morfoestruturas como os grandes planaltos, as grandes depressões e as extensas planícies que possuindo grandes extensões são mais bem evidenciados em detrimento da variação da paisagem local. Já em escala local ou de detalhe a ação do clima face à diversidade litológica ganha evidência e uma mesma formação geológica pode apresentar distintas formas de relevo, tais como tabulares, convexas e aguçadas, podendo apresentar também variações ou combinações numa área restrita, ou constituir um único domínio morfológico de grande extensão. Dessa forma, a heterogeneidade de formas de relevo pode ser explicada pela diferenciação litológica e estrutural sob a ação dos domínios morfoclimáticos que irão influenciar na resistência do substrato geológico e na quantidade de energia disponível para realizar trabalho geomorfológico respectivamente (CASSETI, 2006).

O advento das tecnologias de geração e processamento de dados espaciais georreferenciados - geoprocessamento - tem contribuído grandemente para os estudos relacionados às estruturas e formas de relevo, na medida em que proporcionaram melhores produtos que representam as altitudes com mais fidelidade e conseqüentemente melhores possibilidades na elaboração de formas. Nesse contexto, a representação da superfície terrestre por meio de computador é indispensável à elaboração e criação de um Modelo Digital de Terreno que pode estar representado por meio de matrizes formadas por linhas e colunas, equações analíticas ou grades de pontos que indicam as altitudes dos pontos no terreno (PEDROSA; CÂMARA, 2002). Um MDT - em inglês *Digital Terrain Model* - consiste em uma representação matemática da distribuição espacial das altitudes na superfície terrestre. Na busca pela representação do relevo terrestre o mais próximo do possível, quanto maior a resolução e a precisão do MDT, maior fidelidade obter-se-á na representação do mesmo.

Com o presente trabalho objetivou-se realizar a interpretação e o mapeamento da compartimentação geomorfológica da bacia e sub-bacia hidrográfica do rio do Peixe, incluindo também as sub-bacias dos tributários ribeirão Paraíso e rio Diamantino na escala 1:100.000, utilizando para tanto produtos derivados de Modelos Digitais de Elevação. Procurou-se delimitar e caracterizar as Unidades Geomorfológicas, bem como as Formas de Modelado correspondentes a terceira e a quarta taxonomia respectivamente, relacionando-os com a geologia e a pedologia da área - com base na metodologia de Ross (1992) a qual foi adotada pelo Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE, (1995).

2. Área de Estudo

O Sistema geomorfológico do qual faz parte a sub-bacia hidrográfica do rio do Peixe juntamente com os seus dois principais tributários se localiza na região sudoeste do Estado de Goiás (Figura 01).

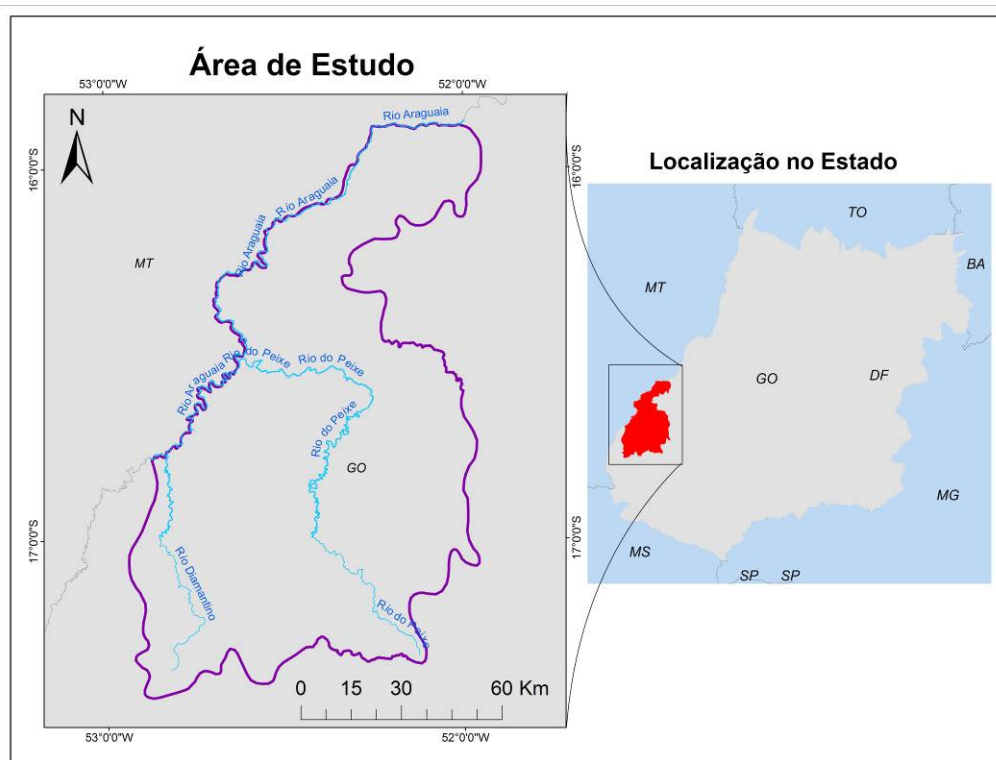


Figura 01: Localização da área e recorte espacial selecionado como referência para a elaboração do mapa geomorfológico.

O sistema hidrográfico se estende predominantemente sobre planaltos na Unidade Geotectônica da Bacia Sedimentar do Paraná, com drenagem na direção sul - norte. As demais Unidades que o complementam são o Arco Magmático de Goiás, a Faixa Paraguai e as Formações Superficiais. O mesmo é formado preponderantemente por rochas sedimentares, tais como conglomerados, arenitos e siltitos de diversas idades. Como principal característica pode-se destacar as camadas sedimentares dispostas em mergulhos que proporcionam a formação de extensas cuestas com o reverso voltado para o sul e a frente ou *front* voltado para o norte.

3. Materiais e Métodos

O levantamento e a elaboração da compartimentação geomorfológica fundamentaram-se na metodologia de Ross (1992) a qual também foi adotada pelo Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 1995) e compreendeu três etapas. Primeiramente fez-se o levantamento do material bibliográfico e a aquisição de dados cartográficos acerca da área. A segunda compreendeu a estruturação de uma base dados contendo a rede de drenagem na escala 1:100.000 e o Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 30 metros a partir do qual elaborou-se a hipsometria, a declividade, a curvatura das vertentes e o modelo de sombra (Figura 02). A terceira compreendeu as atividades de interpretação e delimitação das Unidades Geomorfológicas juntamente com as Formas de Modelado.

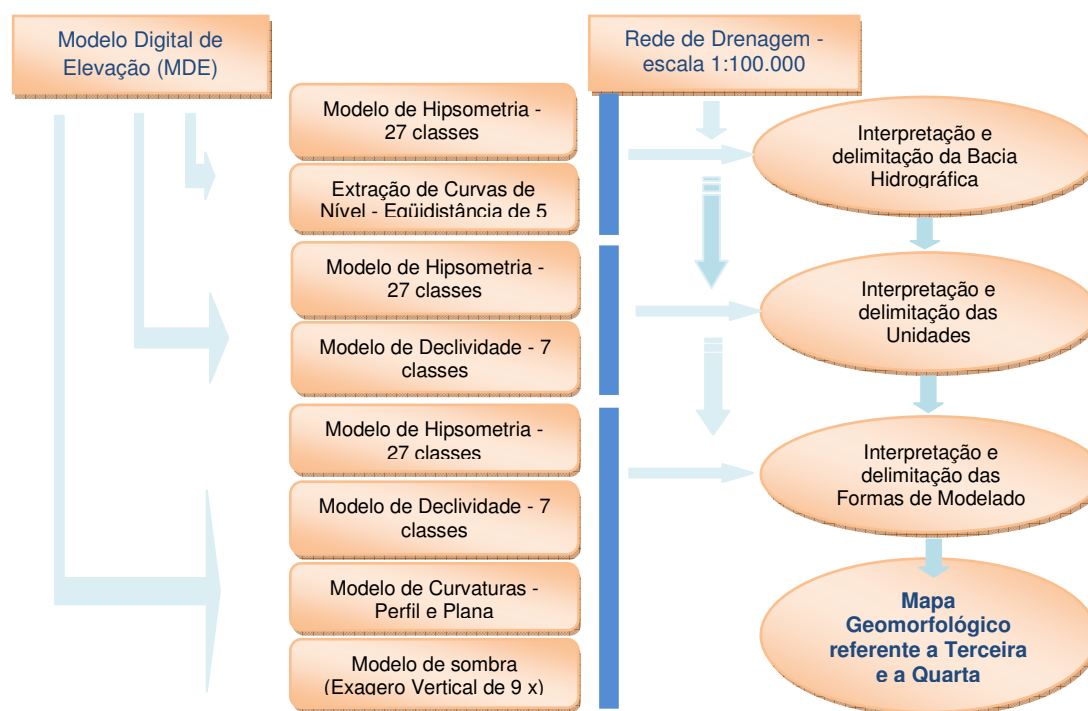


Figura 02: Fluxograma dos materiais utilizados e do tratamento metodológico adotado.

4. Resultados e Discussão

As possibilidades de melhoria na exatidão dos estudos em geomorfologia puderam ser evidenciadas já no processo de reconhecimento do limite da bacia hidrográfica. Considerando a resolução espacial de 30 metros do MDT utilizado - **Figura 03** - foi possível elaborar e representar formas a cada 90 metros no terreno. A elaboração do modelo de sombra com exaço vertical de 9x - **Figura 04** - evidenciou a rugosidade presente no terreno, sendo que associada à curvatura das vertentes - **Figura 05** - permitiu identificar os segmentos de interflúvios - parte vermelha da referida figura - e conseqüentemente reconhecer o divisor de águas - linha na cor lilás em ambas as figuras. Estes materiais, ao possibilitarem uma visão e compreensão em escala local do relevo, mostram-se mais detalhados. Entretanto, não permitem uma visão mais ampla em termos de área, impossibilitando a identificação das partes mais altas do recorte espacial considerado.

As informações altimétricas, fornecidas pelas curvas de nível - **Figura 06** - permitem uma visão mais ampla da altitude do terreno. Associando as informações altimétricas às formas que as curvas exibem, reconhecem-se os interflúvios mais altos, os quais informam o limite verdadeiro da bacia hidrográfica considerada. A disposição das curvas em forma de “V” - em terrenos mais acidentados - ou em “U” - em terrenos com declives mais suaves - permite identificar com a precisão proporcionada pelo Modelo Digital de Elevação utilizado a parte mais alta do interflúvio. Dessa forma o limite da bacia é grafado por meio dos segmentos que ligam os vértices dos “Vs” formados pela disposição das curvas de nível, os quais estarão sempre voltados para a parte mais baixa do terreno.

Outro recurso de representação utilizado foi a triangulação (**Figura 07**), realizada a partir do MDT. Ao elaborar arestas de triângulos, fazendo a ligação por meio de segmentos no centro de cada pixel do MDT, esse recurso permite o aproveitamento da informação altimétrica proporcionada por cada pixel. Nesse sentido entende-se que por meio desse recurso é possível reconhecer o limite de uma dada bacia com uma precisão de 30 metros no terreno, que corresponde o segmento que liga a porção central de dois ou mais píxeis.

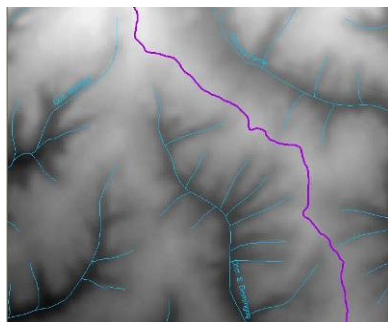


Figura 03: MDT.

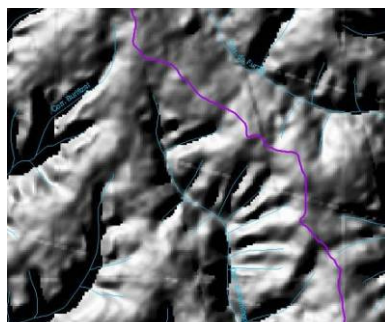


Figura 04: Modelo de sombra.



Figura 05: Modelo de curvatura das vertentes.

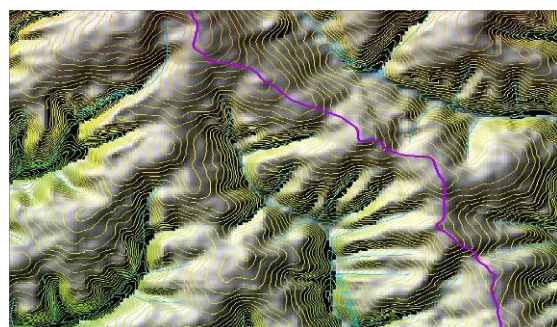


Figura 06: Curvas de nível associadas ao modelo de sombra.

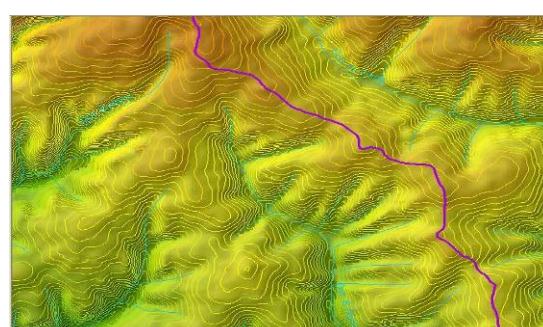


Figura 07: Triangulação e hipsometria associada ao modelo de sombra.

A delimitação dos Planaltos, que são unidades reconhecidas pelas altitudes relativamente mais elevadas e pela baixa declividade predominante, foi proporcionada pela associação da hipsometria com a declividade, com as classes temáticas definidas e organizadas com base nas quebras naturais.

Formas de Modelado foram reconhecidas e delimitadas com base na associação dos parâmetros hipsometria, declividade e curvatura das vertentes, associados ao modelo de sombra, sendo que para tanto utilizou-se de recortes espaciais menores do MDT. Essa menor abrangência deve-se ao fato das Formas formarem feições menores e mais localizadas. Assim, ao considerar um recorte espacial maior para a elaboração das mesmas, as classes formadas em cada parâmetro tendem a acompanhar a distribuição de cada classe em todo o recorte espacial, inibindo assim a representação das formas que são mais localizadas. A **Figura 08** demonstra a delimitação, por meio da declividade, de um Terraço e uma Planície Fluvial, caracterizada por ser um ambiente de depósito fluvial, onde há baixa variação da altitude, baixa declividade e pela curvatura côncava - parte azul na **Figura 09** - nas bordas. Entretanto, como pode ser observado na referida figura a concavidade das vertentes tende a aparecer em áreas que não configuram ambiente de Terraço e Planície Fluvial, como pode ser visto na porção adjacente aos canais de drenagem. Ainda, devido ao acúmulo de sedimentos na Planície Fluvial, a mesma tende a apresentar curvaturas convexas - parte lilás na **Figura 09**. Uma representação satisfatória da referida planície pode ser conseguida por meio da associação da declividade com a curvatura das vertentes, aplicando-se uma transparência nos mesmos sobre o modelo de sombra **Figura 10**. A cor verde correspondente a baixa declividade, que associada à cor azul correspondente a curvatura côncava da vertente, proporcionou a representação de um ambiente de tonalidade escura, o qual corresponde à baixa declividade e a curvatura côncava das vertentes, características típicas de Terraços e Planícies Fluviais.

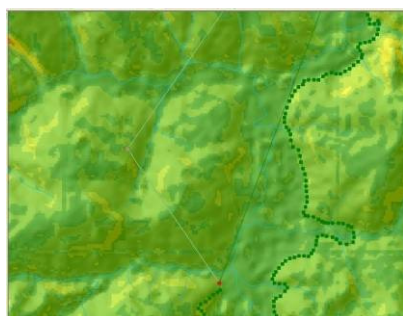


Figura 08: Declividade associada ao modelo de sombra.

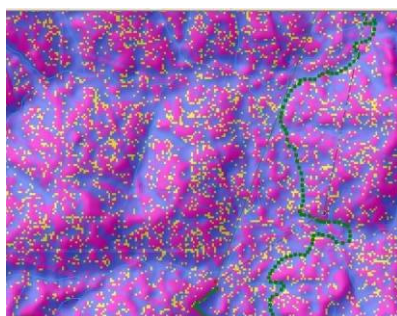


Figura 09: Curvatura das vertentes associada ao modelo de sombra.



Figura 10: Declividade associada à curvatura das vertentes com transparência, sobre o modelo de sombra.

Com base nos produtos utilizados e na metodologia apresentada, delimitou-se 11 (onze) Unidades Geomorfológicas, com a ocorrência de 7 (sete) Formas de Modelado, as quais são brevemente descritas a seguir e apresentadas na **Figura 11**.

Depressão do Rio Araguaia - compreende cotas que variam de 298 a 518 metros de altitude, as declividades raramente ultrapassam 20%, e baixa densidade de drenagem. Está associada a Coberturas Sedimentares Fanerozóicas do Grupo Itararé - Formação Aquidauana, composta por litologias como diamictito, folhelho, arenito e siltito. Nas superfícies de forma tabular, há baixa densidade de drenagem e predominância de Latossolo Vermelho; nas superfícies de formas convexas, onde a densidade de drenagem é maior, ocorre o Argissolo Vermelho. Nas superfícies de menor altitude que apresentam formas plana/rampeadas, predominam os Neossolos Quartzarênicos. Em outra pequena parte encontra-se associada a estruturas cristalinas do Complexo Goiano apresentando superfícies de forma aguçada com a predominância de Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico.

Planalto de Piranhas - Bom Jardim de Goiás - compreende altitudes que variam de 490 a 1024 metros, com declividades que em pouco ultrapassam 20% e em sua porção mais alta representa o teto orográfico da sub-bacia. Localiza-se sobre Coberturas Sedimentares Fanerozóicas da Formação Furnas do Grupo Paraná composta por conglomerados, arenitos e siltitos. Nas superfícies de forma tabular, de cotas altimétricas mais baixas, ocorre o Latossolo Vermelho; Nas superfícies de forma erosiva tabular, com cotas altimétricas mais elevadas, ocorrem o Cambissolo Háplico e o Neossolo Litólico.

Planalto de Caiapônia - Nível Mais Baixo - compreende altitudes que variam de 524 a 753 metros. Comporta Terraços Fluviais e modelados em forma tabular e algumas superfícies de formas convexas. As declividades pouco ultrapassam 11% e predomina o Latossolo Vermelho.

Planalto de Caiapônia - Nível Mais Alto - compreende altitudes que variam de 753 a 1024 metros. Essa unidade geomorfológica compreende pouco da área da bacia, uma vez que as partes mais elevadas formam o divisor de águas que separa a bacia do rio do Peixe e a bacia do rio Caiapó. As declividades variam de 0 a 11% associadas a superfícies erosivas de forma tabular, com a presença de Cambissolo Háplico.

Planalto de Doverlândia - Nível Mais Baixo - compreende um extenso planalto limitado a oeste pelo rio Araguaia e a leste pelo rio do Peixe, com altitudes entre 490 e 635 metros. Encontra-se sobre rochas sedimentares tais como arenitos vermelhos e siltitos do Grupo

Planalto de Rio Verde - Nível Mais Alto - compreende cotas que variam de 837 a 973 metros de altitude que se encontram sobre Coberturas Sedimentares Fanerozóicas da Formação Cachoeirinha. Compreende extensos Modelados de forma tabular com declividades que em geral não ultrapassam 4%, com o predomínio de Latossolo Vermelho.

Patamar Estrutural do Planalto de Rio Verde - é formado por estruturas preservadas com cotas que variam de 753 a 809 metros de altitude que se distribuem entre a parte alta e a parte baixa do Planalto de Rio Verde. Encontra-se sustentado por Coberturas Sedimentares Fanerozóicas da Formação Irati, tais como Folhelhos. Esta unidade marca a passagem do planalto de Rio Verde Nível Mais Baixo para o Planalto de Rio Verde Nível Mais Baixo com declividades que variam preponderantemente de 0 a 30%.

Planície Fluvial - compreende área aplanada resultante de acumulação, periódica ou permanentemente alagada. Caracterizada por formas côncavas que tendem a acompanhar os cursos d'água de grande porte como o rio Araguaia, o Rio Diamantino, o Ribeirão Paraíso e o rio do Peixe. O relevo apresenta-se suave com declividades preponderando de 0 a 20%.

Zona de Erosão Recuante - Compreende cotas de 775 a 1002 metros, com declividades acentuadas (entre 11 e 69%). Encontra-se sobre folhelhos do Grupo Passa Dois - Formação Irati com a ocorrência de Argissolo Vermelho.

5. Conclusões

A disponibilidade de produtos como os Modelos Digitais de Elevação e as imagens de satélites de alta resolução constituem em novas possibilidades de elaboração e interpretação dos aspectos relacionados ao relevo. Destaca-se que também que quão mais importante do que os produtos é o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia adequada ao tratamento dos mesmos com finalidades previamente definidas. Dessa forma, destaca-se a necessidade de conhecimento tanto dos produtos, das possibilidades de tratamento metodológico por meio das novas tecnologias disponíveis nos programas de geoprocessamento, bem como das concepções teóricas que orientam um determinado tratamento. Assim, destaca-se a necessidade de novos estudos acerca dos produtos disponibilizados, bem como de novas metodologias que representem as estruturas, as formas e possibilitem o entendimento dos processos que atuam no relevo.

Referências Bibliográficas

- CASSETI, V.: **Geomorfologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap1/index.php>>. Acesso em 07 de julho de 2009.
- CHORLLEY, A. **Morphologie structurale et morphologie climatique**. Anais de Geographie, v. 59, p. 331-335, 1950.
- IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia** (Coord. Bernardo de Almeida Nunes et al). Série Manuais Técnicos em Geociências. Número 5, R. de Janeiro, 1995.
- PEDROSA, B. M; CÂMARA, J. **Modelagem Dinâmica e Geoprocessamento**. São José dos Campos, 2002. Disponível em < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap6-dinamica.pdf>>. Acesso em 23 Ago 2008.
- ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo**. Rev. do Depto. Geografia, FFLCH-USP, São Paulo, n.6, p.17-29, 1992.

