



A IMPORTÂNCIA DA ESCALA NO ESTUDO GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO RIO PRETO NO DISTRITO FEDERAL

Valdir Adilson Steinke – Técnico do CSR/IBAMA

SCEN Av. L4 Norte Ed. Sede do IBAMA – Brasília/DF – 70818-900

valdir.steinke@ibama.gov.br

Gustavo Bayma Siqueira da Silva – Aluno de graduação em Geografia na UnB

Ercília Torres Steinke – Depto de Geografia da UnB

Campus Universitário Darcy Ribeiro – Depto. De Geografia/UnB – Brasília-DF

Edson Eyji Sano – Pesquisador do CPAC/EMBRAPA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Endereço: BR-020 Km 18 Cx. Postal 08223

Eixo Temático: Gestão de Bacia Hidrográfica

Resumo: Atualmente, o meio ambiente da Terra vem se deparando com graves problemas de deterioração. Para minimizar ou mesmo evitar tais problemas, é preciso lançar mão de estratégias de planejamento ambiental. A Geomorfologia possui importante papel contribuidor na elaboração dessas estratégias, pois os estudos das formas de relevo e de seus processos de elaboração permitem o conhecimento das causas dos mecanismos da deterioração e oferece meios para corrigir falhas e evitar calamidades futuras. Neste contexto, o presente estudo aborda a importância da escala na compartimentação geomorfológica como um instrumento de auxílio à análise do meio ambiente, uma vez que o relevo representa um importante fator condicionante no desenvolvimento e distribuição espacial das atividades humanas. Steinke (2003) utilizou a análise de dados de domínio público relativos a parâmetros morfométricos (drenagem e altimetria) num Sistema de Informações Geográficas para a elaboração de uma compartimentação geomorfológica para o Distrito Federal, neste trabalho selecionou-se a bacia hidrográfica do Rio Preto no Distrito Federal - DF, para comparar com a compartimentação geomorfológica do DF mais utilizada até o momento, apresentada por Novaes Pinto (1986). Tal preocupação esta relacionada com o papel integrador da geomorfologia no contexto ambiental, pois é sobre o modelado de relevo que se desenvolvem as atividades antrópicas, desta maneira prestar atenção na geomorfologia para o planejamento significa garantir melhores condições de vida.

Palavras Chave: Geomorfologia, Escala, Geotecnologias.

Introdução: O mapa constitui-se em uma das formas mais antigas de comunicação gráfica da humanidade e tem acompanhado a evolução do homem desde as suas manifestações mais rudimentares. Embora não dominassem a escrita, muitos povos primitivos desenvolveram habilidades para traçar cartas ou mapas com o objetivo de orientação. Com o advento das grandes navegações e os conseqüentes descobrimentos, nos séculos XV e XVI, respectivamente, a cartografia evoluiu bastante até a primeira metade do século XX. Desde então, comandada pelo progresso tecnológico, desenvolveu-se consideravelmente, com a gradativa substituição de operações manuais por mecânicas e pelo uso de equipamentos eletrônicos.



Os mapeamentos temáticos, dentre eles o geomorfológico, seguiram a evolução da cartografia e vêm, cada vez mais, utilizando novas ferramentas como as disponibilizadas pelas geotecnologias, tanto para o mapeamento em si, como para a análise e interface com outros temas ambientais que estão inseridos no âmbito da pesquisa geomorfológica. Segundo Argento (1995), a geomorfologia serve de base para a compreensão das estruturas espaciais, não só em relação à natureza física dos fenômenos, mas também em relação à natureza sócio-econômica dos mesmos, o que demonstra o caráter multidisciplinar da ciência. Mapear estas estruturas espaciais pressupõe conhecer onde se localizam, como se distribuem no espaço geográfico, porque ocorrem daquela forma e como irão ocorrer no futuro, nunca perdendo de vista o referencial teórico-conceitual da ciência geomorfológica, o que pode ocorrer se o pesquisador não tiver em mente que a utilização de novas tecnologias se trata de uma ferramenta auxiliar na pesquisa e não na sua finalidade.

O objetivo deste trabalho foi analisar duas propostas de compartimentação geomorfológica (Novaes Pinto, 1994) e (Steinke, 2003) para a região da bacia hidrográfica do Rio Preto situada no Distrito Federal.

Área de estudo: O rio Preto nasce em Formosa, próximo a Lagoa Feia e divide o Distrito Federal de Goiás. É um dos principais formadores da bacia do rio Paracatu, um dos principais afluentes do rio São Francisco. A área é predominantemente agrícola, com as atividades extensivas de culturas de soja, milho, feijão e algodão, para atender a esta demanda agrícola uma expressiva concentração de pivôs centrais na região preocupa técnicos e grupos ambientalistas. A capacidade hídrica do rio Preto e de seus afluentes começa a ficar comprometida pelo uso intensivo de pivôs nas nascentes e proximidades dos cursos d'água. As vazões reduzidas e o baixo nível dos reservatórios estão afetando não só o potencial de geração de energia elétrica, como também a produção agrícola de regiões abastecidas por esses rios e, ainda, pretende-se construir a usina hidrelétrica de Queimado, o que vai agravar ainda mais a dinâmica hídrica da bacia. A região de estudo especificamente esta concentrada na parte leste do Distrito Federal.

Gerenciamento dos Recursos Hídricos: São três as questões relacionadas às atividades do governo que requerem preocupação especial: o gerenciamento fragmentado, leva à negligência entre órgãos e jurisdições do governo; a confiança excessiva nos órgãos governamentais, que acaba não promovendo um serviço efetivo às populações mais carentes, e os investimentos mal feitos que negligenciam a qualidade da água e suas conseqüências ambientais.

Muitos governos sofrem com problemas relacionados à água, pois não tratam a questão com uma abordagem abrangente. Há criação de vários órgãos para o gerenciamento de cada tipo de uso da água – irrigação, energia elétrica, transporte, etc. Assuntos relacionados à quantidade e qualidade da água, à saúde e ao meio ambiente também são tratados separadamente. Assim surgem os problemas de coordenação e fragmentação das tomadas de decisão, na qual a decisão de um setor depende da resposta de um outro relacionado (burocracia).

Os usuários, na maioria dos casos, não são consultados ou mesmo envolvidos no planejamento e no gerenciamento dos sistemas de recursos hídricos. Assim, cria-se um ciclo onde os projetos deixam de ser confiáveis, produzem serviços que acabam por não



satisfazer as necessidades dos consumidores, e estes passam a não pagar pelos mesmos. O não pagamento pelos serviços e a apuração do desempenho, refletem numa variedade de problemas: operações ineficientes, manutenção inadequada, perdas financeiras, e geração de serviços precários. A baixa tarifação da água gera alguns contratemplos, exemplo dos agricultores. Comumente eles pagam pouco pelo fornecimento de água para sua irrigação, recebem poucos incentivos para abandonar a produção de culturas que utilizam grande quantidade de água. São comuns grandes diferenças nos valores de água, o que indica a existência de alocações mal feitas, nos critérios econômicos.

A qualidade da água e o controle da poluição não têm recebido tanta atenção dos países. São freqüentes os casos onde a qualidade da água, principalmente países em desenvolvimento, não é segura para o consumo humano. O tratamento não adequado da água de esgoto agrava a pobreza, através da poluição de fontes de alimento dependentes da água. Projetos de investimento público, a maioria, afetam negativamente a qualidade da água e contribuem para a degradação dos ecossistemas aquáticos. Isso acontece devido a avaliações individuais e não integradas dos projetos. Os projetos de irrigações causam vários danos, a falta de drenagem leva ao encharcamento do solo e a concentração de sais, o redirecionamento da água, ao ser desviada a montante para a irrigação do solo, interfere na jusante, pois estas mantêm ecossistemas sensíveis dependentes da água (várzeas).

Tendências na demanda e no Fornecimento de Água: O crescimento da população e a urbanização são fatores do enorme crescimento da demanda de água e do aumento da degradação ambiental. Porém, os sistemas existentes de fornecimento de água urbana e de infra-estrutura sanitária já deixam de prover serviços adequados, em muitos países, o que agrava os problemas de poluição. A urbanização leva ao aumento da demanda por energia hidroelétrica e outras.

Os custos de novos abastecimentos de água tendem a crescer, pois as fontes de custos mais baixos e confiáveis já foram exploradas. As novas fontes em questão apresentam custos financeiros e ambientais mais altos, os custos do abastecimento de água municipal e de irrigação aumentarão ainda mais quando forem incluídas estruturas adequadas de drenagem e saneamento.

Abordagem Abrangente: É papel do setor público definir e implementar uma estratégia para o gerenciamento dos recursos hídricos, provendo uma estrutura legal, regulatória e administrativa para desenvolver os recursos hídricos nos domínios públicos. A estratégia precisa ser ampla e de longo prazo, incorporando hipóteses sobre as ações e reações de todos no gerenciamento. O objetivo é garantir que os recursos hídricos sejam mantidos para os usos múltiplos como uma parte integral do processo de desenvolvimento econômico de um país.

Os recursos hídricos devem ser gerenciados no contexto de uma estratégia que reflita os objetivos sociais, econômicos e ambientais da nação e que seja baseada na análise dos recursos hídricos de um país. Essa estratégia formaria prioridades no fornecimento de serviços hídricos, estabeleceria diretrizes sobre os direitos à água e instituiria medidas de proteção e restauração do meio-ambiente. Uma vez formulada a estrutura global apropriada, projetos individuais poderão ser formulados mais facilmente.

A estrutura analítica fornece os embasamentos para a formulação das diretrizes públicas. Devem ser estabelecidos sistemas apropriados de tarifação e cobrança para fornecer os



indícios corretos às tomadas de decisão descentralizadas que melhoram a alocação dos recursos.

Descentralização, Privatização e Participação dos Usuários: Apesar de a abordagem analítica abrangente fornecer uma estrutura para o gerenciamento de recursos hídricos, ela não requer um fornecimento centralizado de serviços. Ao invés de distribuir a água, o governo centralizado deveria enfatizar o estabelecimento de incentivos que assegurasse que a água estivesse sendo distribuída na qualidade desejada e no preço mais baixo possível. Caso sejam utilizadas firmas particulares, regulamentações para o controle de preços ou os mecanismos para garantir competitividade são necessários, assim como mecanismo para proteção de ecossistemas aquáticos.

A participação dos usuários, fato esse que traz benefícios, no planejamento, na operação e manutenção das obras de irrigação e na estrutura de abastecimento aumenta a possibilidade de uma boa manutenção e contribui para a coesão e a capacitação comunitária.

Mapeamento Geomorfológico: Uma das dificuldades da cartografia geomorfológica é encontrar um modelo adequado de representação gráfica. Existem inúmeras propostas metodológicas de mapeamento que valorizam sempre um determinado elemento do relevo. A proposta elaborada por Tricart, em 1965, por exemplo, assim como as cartas francesas, ressaltam a representação da morfogênese através de símbolos pontuais e lineares, e o modelado é indicado pelas curvas de nível. Outras propostas valorizam níveis morfológicos associados às superfícies de erosão, dados morfométricos e informações morfológicas.

A proposta de mapeamento geomorfológico de Ross (1992) estabelece a classificação e a taxonomia do relevo em unidades morfoestruturais, morfoesculturais e padrões de forma homogêneos e os procedimentos técnico-operacionais para a execução do mapa. Este autor ressaltou que a representação cartográfica do relevo deve mostrar concretamente o que se vê e não o que se deduz da análise geomorfológica. Assim, em primeiro plano, os mapas geomorfológicos devem representar as formas de relevo de diferentes tamanhos, dentro da escala compatível, e em segundo plano, a representação da morfometria, morfogênese e morfocronologia. Esta proposta está pautada nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura que definem situações estáticas, produtos da ação dinâmica dos processos endógenos e exógenos. Assim, o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e passado que vem atuando nessa estrutura.

Uma determinada unidade morfoestrutural pode ter uma ou mais unidades morfoesculturais que refletem as diversidades litológicas da estrutura e os tipos climáticos que atuaram no passado e os que atuam no presente. Assim, podem ser diferenciados seis táxons (categorias) de formas de relevo que serão descritos a seguir.

O primeiro se caracteriza por um táxon (tamanho) maior, ou seja, a **morfoestrutura básica**, como por exemplo, uma bacia sedimentar. O segundo, definido por um táxon menor, constitui as **unidades morfoesculturais**, geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico, dentro da morfoestrutura como, por exemplo, depressões periféricas, planaltos, chapadas, entre outros. O terceiro táxon refere-se às **unidades morfológicas** ou **padrões de tipo de relevo**, onde os processos morfoclimáticos atuais começam a ser mais facilmente notados. São conjuntos de formas menores do relevo que apresentam distinções de aparência entre si em função do índice de dissecação do relevo, bem como o formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão existente. A forma de relevo individualizada



dentro de cada unidade morfológica corresponde ao quarto táxon na ordem decrescente, isto é, os **tipos de formas de relevo**. As formas desta categoria podem ser de agradação ou de denudação. O quinto táxon, **tipos de vertentes**, corresponde às vertentes ou setores das vertentes pertencentes a cada uma das formas individualizadas do relevo. E o sexto táxon corresponde às **formas de processos atuais**, ou seja, às formas produzidas pelos processos erosivos ou por depósitos atuais, como as voçorocas, as ravinas, as cicatrizes de deslizamentos e os assoreamentos, dentre outros.

Ross (1992) ressaltou que tal proposição de classificação apóia-se fundamentalmente no aspecto fisionômico, ou seja, no formato das formas de relevo de diferentes tamanhos, frisando que o aspecto fisionômico é reflexo de determinada influência de ordem genética e, ao mesmo tempo, indicador de uma determinada idade. O procedimento técnico operacional básico da proposta de Ross (1992) é a identificação visual dos diversos padrões que são definidos pelos aspectos fisionômicos da rugosidade topográfica ou das diferentes intensidades dos padrões de dissecação do relevo.

Já a metodologia proposta por Nunes et al. (1994) tem como base a ordenação dos fatos geomorfológicos mapeados em uma taxonomia que os hierarquiza e que deve estar aferida a uma determinada escala cartográfica. Os agrupamentos em **tipos de modelados** permitem a identificação de **unidades geomorfológicas**, assim como os agrupamentos dessas unidades constituem as **regiões geomorfológicas**, e, dos agrupamentos das regiões geomorfológicas, surgem os grandes **domínios morfoestruturais**.

A caracterização dos domínios morfoestruturais, segundo Nunes et al. (1994), está relacionada à causa dos fatos geomorfológicos derivados de aspectos amplos da geologia como os elementos geotectônicos, os grandes arranjos estruturais e a predominância de uma litologia definida. Esses fatores, em conjunto, geram arranjos regionais de relevos com formas variadas, mas que guardam relações de causa entre si. Esse táxon apresenta características geológicas prevaletentes, tais como direções estruturais identificadas no alinhamento geral do relevo ou no controle da drenagem principal. São exemplos: grandes cadeias dobradas, antigas faixas de dobramentos, grandes bacias sedimentares com dobramentos, maciços intrusivos e grandes derrames efusivos.

As regiões geomorfológicas se caracterizam por uma compartimentação reconhecida regionalmente, ligada a fatores climáticos atuais ou passados. Assim, podem existir mapeamentos geomorfológicos baseados na morfoclimatologia, associando processos geradores a formas resultantes. Segundo Argento (1995), as regiões geomorfológicas e os domínios morfoestruturais atendem a uma escala regional com base operacional que objetiva fornecer informações condizentes com este tipo de mapeamento. Assim, é impossível utilizar tais mapas para subsidiar cenários ambientais em qualquer tipo de planejamento, uma vez que apresentam baixo grau de resolução tanto no nível cartográfico, quanto no nível taxonômico.

De acordo com Argento (1995), os mapeamentos temáticos identificadores de domínios morfoestruturais e regiões geomorfológicas são condizentes com escalas iguais ou menores que 1:100.000 e atendem a produtos voltados ao planejamento regional ou a trabalhos de macrozoneamentos, não oferecendo, portanto, informações que atendam a objetivos de meso ou microescalas de detalhamento, como projetos de nível municipal ou local.



O terceiro táxon se refere às unidades geomorfológicas ou sistemas de relevo. Uma unidade geomorfológica caracteriza-se por apresentar um arranjo de formas fisionomicamente semelhantes em seus tipos de modelado e cada uma delas apresenta a predominância de determinados tipos de modelados e de processos originários. A semelhança resulta dos processos da geomorfogênese e dos fatores paleoclimáticos e/ou por outros relacionados à natureza dos domínios morfoestruturais, principalmente aqueles que dizem respeito ao comportamento da drenagem, seus padrões e anomalias, uma vez que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas e tectônicas (Nunes et al. 1994).

Para o planejamento municipal, o mapeamento deve estar vinculado aos tipos de modelado (quarto táxon). Os modelados constituem-se de agrupamentos de formas de relevo que apresentam semelhança geométrica em função de uma gênese comum e da generalização de processos morfogenéticos atuantes. Quatro tipos de modelados devem ser identificados: os de acumulação, de aplainamento, de dissecação e de dissolução. Dessa forma, são priorizados os processos geradores ou os transformadores das formas de relevo.

Pode-se identificar ainda uma quinta ordem que se caracteriza pelo fato de que, por sua dimensão espacial, devem ser representados por símbolos lineares ou pontuais. As formações superficiais e a morfodinâmica, pela complexidade e dimensões em que são tratadas, aparecem como símbolos de ocorrência, em nível de relatório (Nunes et al., 1994).

A questão da escala na análise geomorfológica: Seguindo a metodologia de Nunes et al (1994), Veiga (2001) realizou um mapeamento geomorfológico com uso de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas – SIG de uma área que engloba parte do Estado da Bahia e parte do norte do Estado de Minas Gerais. Foram utilizadas cartas topográficas da SUDENE, na escala de 1:100.000, mapa geomorfológico do RADAMBRASIL, escala de 1:1.000.000, e imagens de sensoriamento remoto obtidas pelo sensor TM a bordo do satélite Landsat 5. O resultado foi apresentado em forma de mapas de: cinco domínios geomorfológicos; nove regiões geomorfológicas e 15 unidades geomorfológicas. Segundo o autor, embora o trabalho tenha sido desenvolvido para uma área bastante extensa, os resultados apresentaram-se satisfatórios, podendo servir como base para planejamento de atividades agrícolas, lazer, turismo, assentamentos urbanos, zoneamentos, entre outros.

Neste contexto, observa-se que um dos aspectos mais importantes a serem considerados no mapeamento geomorfológico é a escala. O tratamento taxonômico a ser adotado está diretamente relacionado a esse aspecto. Devido à natureza dinâmica dos processos morfogenéticos que ocasionam mudanças na paisagem, segundo Kohler (2002), a escala na análise geomorfológica deve ser compreendida e aplicada no campo espaço-temporal, isto é, naquele em que as três dimensões do espaço se modificam ao longo do tempo. As formas de relevo, que são tridimensionais, podem ser representadas empregando-se um conjunto de curvas de nível que permite a análise mediante a percepção de uma série de superfícies planas, côncavas ou convexas. Por outro lado, a representação da evolução das formas de relevo ao longo do tempo exige a utilização de simbologias adequadas, de modo a evidenciar as modificações sofridas num determinado intervalo de tempo.

A escala de estudo do relevo determina as estratégias e técnicas de abordagem da análise geomorfológica. Por exemplo, em pequenas escalas, costuma-se utilizar imagens de sensoriamento remoto que abrangem grandes áreas, mas com pequenas resoluções espaciais (relação entre o tamanho do *pixel* da imagem e a área por ela coberta no terreno).



Por outro lado, trabalhando em escalas maiores, faz-se uso de fotografias aéreas (pequenas áreas, altas resoluções).

Como exemplos de representação em pequena escala, podem ser citados os trabalhos de Ab'Saber (1970), sobre as áreas nucleares dos domínios morfoclimáticos brasileiros, e os do Projeto RADAMBRASIL. Já para exemplificar os trabalhos realizados em grande escala, apontam-se aqueles elaborados segundo a metodologia desenvolvida para o levantamento pedológico, como os de Manfredini e Queiroz Neto (1993) e Salomão (1994).

Argento (1995) ressaltou que os mapeamentos geomorfológicos ainda não seguem um padrão definido, tanto em nível de escalas adotadas, como quanto à adoção de uma taxonomia específica, e lembra que “um esforço deve ser feito no sentido de ordenamento de legendas que atendam às diferentes perspectivas de macroescalas em nível regional, de mesoescalas de detalhamento, em âmbito municipal e de microescalas, em que são priorizadas as especificidades locais”.

A metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1992), citada anteriormente, é freqüentemente utilizada por profissionais e estudantes da área de Ciências da Terra. Para exemplificar, serão citados, a seguir, alguns trabalhos desenvolvidos no âmbito da utilização de mapas geomorfológicos como subsídio à análise ambiental.

Dal Pozzo e Ross (2001) elaboraram um mapeamento geomorfológico da bacia do ribeirão da Serra (SP) como subsídio ao planejamento. Este trabalho teve como objetivo principal elaborar um mapa geomorfológico de uma área constantemente atingida por processos erosivos intensos. A metodologia de mapeamento seguiu a proposta de Ross (1992) e estabeleceu quatro unidades geomorfológicas diferenciadas por uso e ocupação.

Também seguindo a metodologia de mapeamento geomorfológico proposta por Ross (1992), Rodrigues et al. (2001) realizaram um trabalho no qual o objetivo foi elaborar um mapa regional de formas de relevo, indicando as principais características morfogenéticas e os grandes compartimentos do relevo da bacia do rio Araguari e do alto Parnaíba. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 (escala de 1:100.000), cartas topográficas do IBGE (escala de 1:100.000), e fotografias aéreas em diversas escalas.

Fontes (2001) elaborou um mapa temático georreferenciado para a geomorfologia da área do baixo São Francisco sergipano, apresentando o resultado dentro do terceiro táxon (unidades morfológicas), no qual foram identificadas quatro unidades: pediplano sertanejo, tabuleiros costeiros, planície costeira e planície aluvial. O trabalho mostrou que a descrição dos ambientes e a caracterização dos processos envolvidos na sua modelagem permitem a compreensão da sua dinâmica e a previsão dos processos evolutivos, considerados importantes para o planejamento ambiental.

O trabalho de Seabra et al. (2001) teve como objetivo compartimentar a área do município de Itirapina (SP) em sistemas relativamente homogêneos e compreender os processos envolvidos na sua dinâmica. A metodologia seguiu os seguintes procedimentos: a) análise das formas de relevo: utilizando-se de cartas topográficas, escalas 1:50.000 e 1:10.000, foram elaboradas cartas de declividade e perfis topográficos que auxiliaram na caracterização das formas das vertentes; b) análise pedológica: foram realizadas análises granulométrica, química e de matéria orgânica nas amostras colhidas na área; e c) uso e



ocupação da terra: o mapa de uso foi elaborado através da interpretação de uma imagem de satélite, de fotografias aéreas e de verificações em campo. O resultado foi a elaboração de um mapa síntese de fragilidade dos ambientes com risco de desertificação por ação antrópica.

Geotecnologias e Geomorfologia: Na atualidade, os mapeamentos temáticos, incluindo os geomorfológicos, estão associados, cada vez mais, à utilização das geotecnologias, aqui entendido como um conjunto tecnológico destinado à coleta, armazenamento e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações envolvendo a cartografia digital, o processamento digital de imagens e os SIG's. Este conceito está relacionado com o conceito de geoprocessamento, ou ainda, de geomática. Contudo, é importante ressaltar que a eficiente interpretação visual das formas de relevo e de seus respectivos processos geradores é a condição básica para um bom mapeamento geomorfológico, em qualquer escala. As novas tecnologias são importantes no sentido de tornar a geração de documentos cartográficos mais rápida e eficiente.

Ferreira e Candeias (1999) utilizaram geotecnologias para a elaboração de um mapa de compartimentação geomorfológica, na escala de 1:50.000, da região de Japaratinga, localizada no norte de Alagoas. Foram utilizadas as seguintes fontes: fotografias aéreas pancromáticas na escala de 1:60.000; mosaico semicontrolado de radar, na escala de 1:250.000; imagens Landsat TM, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7; mapa geológico, folhas Porto Calvo e Maragogi, na escala de 1:50.000; e carta topográfica, folhas Porto Calvo e Maragogi, na escala de 1:50.000. Para a elaboração do mapa geomorfológico, foram realizados os seguintes procedimentos: fotointerpretação das fotografias pancromáticas, com lançamento dos dados obtidos na base cartográfica; digitalização do *overlay* obtido na etapa anterior no MaxiCAD, gerando um arquivo vetorial que foi exportado para o SPRING; análise, no SPRING, das imagens Landsat TM, envolvendo combinação das bandas 3, 2 e 1; 4, 5 e 3; e 7, 5 e 3, de onde foram extraídos dados para a complementação da fotointerpretação; geração do mapa geomorfológico, em formato vetorial, utilizando o procedimento de poligonização do SPRING. Os autores consideraram que a aplicação das geotecnologias, gerando um banco de dados codificados espacialmente, permitiu ajustes e cruzamentos simultâneos de um grande número e variedade de informações, possibilitando diagnosticar, avaliar e zonedar áreas de forma mais rápida e eficiente, substituindo os métodos tradicionais, normalmente mais caros e mais lentos na execução. Observa-se, assim, que a utilização das geotecnologias pelos geomorfólogos e pelos pesquisadores em geociências de uma forma geral, pode contribuir de forma significativa com essas ciências espaciais, já que os problemas de tratamento da grande quantidade de dados com que elas lidam, são, em sua maioria, substancialmente reduzidos.

Botelho e Queiroz Neto (1999) compartimentaram o relevo do alto rio Negro, no Pantanal Mato-grossense, utilizando uma imagem do satélite Landsat TM, na escala de 1:250.000 de 20/07/88, com apoio de cartas topográficas da Diretoria de Serviço Cartográfico (DSG), escalas 1:250.000 e 1:100.000. Os autores identificaram seis unidades geomorfológicas, definidas em função de suas diferenciações altimétricas, níveis de dissecação e densidade de drenagem.

O trabalho de Magalhães Jr. et al. (1999) levou em consideração, para a compartimentação geomorfológica das bacias hidrográficas dos rios Mandu, do Cervo e Turvo, no sul de Minas Gerais, elementos como declividade, grau de dissecação do relevo, morfologia, morfodinâmica das encostas, formações superficiais e dinâmica tectônica cenozóica. A metodologia baseou-se na análise cartográfica (1:50.000), imagens de sensoriamento



remoto (1:100.000), fotointerpretação (1:30.000), levantamentos de campo e análise estratigráfica de seqüências deposicionais. O mapeamento identificou domínios homogêneos de formas de relevo que permitiram a sua diferenciação quanto aos riscos de ocorrência de eventos de instabilidade geomorfológica (erosão).

Utilizando a análise da morfometria do relevo, também é possível realizar a sua compartimentação em unidades geomorfológicas diferenciadas. No trabalho de Lupinacci et al. (1999), a análise morfométrica do relevo da bacia do rio Passa Cinco (SP) possibilitou a identificação de cinco unidades geomorfológicas principais. A metodologia utilizou como base a elaboração das cartas de declividade (De Biasi, 1970 e Sanchez, 1993); carta de dissecação horizontal (Spiridonov, 1981 e Mauro, 1991); carta de dissecação vertical (Spiridonov, 1981); carta de energia do relevo (Mendes, 1993); e cartas de densidade e de profundidade de dissecação (Hubp, 1988). O trabalho mostrou que as cartas morfométricas possuem capacidade de auxiliar no entendimento da estrutura morfológica do relevo e tornam muito mais ricas e lógicas as extensas análises descritivas das formas, idades e gêneses do relevo.

Da mesma forma, Mendes et al. (2001) utilizaram a morfometria com o objetivo de elaborar uma caracterização geomorfológica para a área do município de Ribeirão Grande (SP), identificando as formas de relevo e analisando os processos vinculados a essas feições. Neste caso, a metodologia seguiu duas etapas: 1) elaboração das cartas de declividade, de dissecação horizontal, dissecação vertical e energia do relevo; e 2) trabalho de campo. Com isso, foi elaborado um mapa geomorfológico onde foram identificadas sete unidades geomorfológicas distintas.

Com o objetivo de realizar um mapeamento geomorfológico regional do estado de Michoacan – México, Bocco et al. (2001) utilizaram sensoriamento remoto e SIG para propor um método para, de forma rápida, mapear uma área em duas escalas: 1:250.000 e 1:50.000. O mapeamento na menor escala mostrou a distribuição geográfica de formas maiores (domínios), o que possibilitou um inventário sinótico dos recursos naturais. Já o mapeamento na escala maior permitiu a identificação de formas de relevo individuais. Os autores sugeriram que as informações de geomorfologia fossem combinadas com dados sócio-econômicos, e que o resultado dessa combinação fosse utilizado como subsídio às políticas governamentais de planejamento de uso do solo.

Utilizando geotecnologias, Panquestor et al. (2002) analisaram os parâmetros morfométricos da bacia do rio Corrente (BA) com o objetivo de elaborar uma compartimentação geomorfológica, na escala de 1:100.000, para auxiliar o diagnóstico ambiental. Os autores utilizaram um Modelo Digital De Elevação (MDE) e seus mapas derivados como declividade, direção de fluxo e área de contribuição da bacia para identificar as unidade de relevo mais representativas, a saber: chapada, depressão e patamares. Cada unidade foi individualizada e caracterizada quantitativamente através de uma análise estatística por meio de histograma. O trabalho demonstrou que é possível utilizar técnicas de processamento digital de imagens e SIG para a compartimentação do relevo como instrumento para análise ambiental.

Steinke e Costa (2002) utilizaram a técnica de multiplicação de bandas espectrais conjugada com o MDE para determinar as feições geomorfológicas do Parque Nacional de Brasília e da Reserva Ecológica do IBGE– DF. Para tanto, foram utilizadas as bandas 2, 4, 5 e 7 do sensor ETM+ do satélite Landsat 7 e cartas topográficas na escala de 1:25.000 do SICAD para a geração do MNT. As operações aritméticas de multiplicação das bandas



4x2, 4x5 e 4x7 resultaram em três imagens em nível de cinza para cada área que posteriormente foram unidas em uma única composição. Esta imagem final foi comparada com o MDE, onde os autores observaram que o grau de conformidade entre os dois produtos ficou em 80%, significando um grau aceitável, uma vez que os dados orbitais não possuem informações de altimetria. Os autores ressaltaram que esta técnica é indicada para áreas que não possuem muitas variações no terreno e na cobertura vegetal e que os resultados obtidos mostram que, na falta de dados de altimetria, este procedimento atende ao objetivo de proporcionar uma análise geomorfológica prévia de áreas que ainda não possuem este tipo de informação.

Leal et al. (2003) também utilizaram geotecnologias com o objetivo de identificar unidades geomorfológicas na bacia do rio Grande (BA) a partir da morfometria com a finalidade de subsidiar a estruturação da paisagem. A metodologia foi desenvolvida em quatro etapas: 1) o tratamento dos dados morfométricos incluiu a elaboração do MDE e seus mapas derivados, na escala de 1:100.000; 2) realce digital da morfologia utilizando a técnica de composição colorida; 3) análise histográfica; e 4) análise estatística das unidades. Esses passos permitiram a identificação de cinco unidades: chapadas, patamares, depressões, serras e tabuleiros. O trabalho concluiu que a distinção dos ambientes por meio de dados morfométricos é mais eficiente que os estudos realizados a partir de dados de solo e de clima, permitindo, assim, um estudo mais detalhado.

Ferreira (2003) desenvolveu um trabalho que oferece uma perspectiva de estudo dos aspectos da morfometria fluvial, testando os procedimentos de parâmetros de bacias hidrográficas por meio de um SIG. Para isto, utilizou-se um conjunto de 20 bacias hidrográficas no alto curso da bacia do Rio Corumbataí, no estado de São Paulo. O objetivo principal do trabalho foi determinar os valores de parâmetros lineares e de área das bacias e realizar um estudo comparativo entre os métodos convencionais e digitais de obtenção destes parâmetros através da análise estatística por regressão linear e correlação. O autor concluiu que o método digital pode perfeitamente substituir o método analógico nos estudos quantitativos de bacias, destacando como vantagens, a redução da subjetividade, a rapidez nas operações de sobreposição e a facilidade na atualização dos dados.

A contribuição da morfologia matemática para a geomorfologia teórica e quantitativa foi objeto de pesquisa de Fournier (2003). O autor utilizou como base a “orometria”, a qual estuda o relevo e seus aspectos globais a partir de uma expressão numérica. Modelos Digitais de Elevação foram selecionados e submetidos a uma série de transformações matemáticas que permitem a criação de relevos artificiais, o que possibilitou o reconhecimento automático das formas de relevo. Salienta-se a importância da morfologia matemática para os geomorfólogos, pois possibilita “recensear relevos” segundo uma dada forma, classificando-os em função de sua densidade, sua superfície e desnivelamento. Além disso, é um instrumento precioso pois permite projetar cenários de evolução de formas e de alimentar a reflexão visando a criação de modelos matemáticos.

Relevo do DF segundo Novaes Pinto (1986): A partir da análise das relações entre os fatores naturais da paisagem do Distrito Federal e considerando-se os aspectos morfológicos e genéticos de conjuntos similares em aparência e em ambientes, Novaes Pinto (1986) apresentou 13 unidades geomorfológicas agrupadas em três macro-unidades que constituem geossistemas inter-relacionados, a saber:



Região de Chapada - ocupa cerca de 34% da área do DF e é caracterizada por topografia plana a plano-ondulada, acima da cota de 1.000 m, destacando-se a Chapada da Contagem, que praticamente contorna a cidade de Brasília. Desenvolve-se sobre quartzitos (Chapadas da Contagem, Brasília e Pípiripau), ardósias, filitos e micaxistos (Chapada Divisora São Bartolomeu - Preto e a Divisora Descoberto - Alagado). As coberturas são formadas principalmente por couraças vesiculares/ pisolíticas e Latossolos.

Área de Dissecação Intermediária - ocupa cerca de 31% do DF e corresponde às áreas fracamente dissecadas, drenadas por pequenos córregos, modeladas sobre ardósias, filitos e quartzitos (Depressão do Paranoá e Vale do rio Preto). Nos interflúvios, ocorrem couraças, Latossolos e fragmentos de quartzo.

Região Dissecada de Vale - ocupa aproximadamente 35% do DF e corresponde às depressões de litologias de resistências variadas, por onde passam os principais rios da região. Caracteriza-se por relevo acidentado em virtude da intensa dissecação, encostas de perfil convexo-côncavo e perfil complexo que inclui o segmento retilíneo. A rede de drenagem é condicionada pelo fraturamento quase ortogonal e pelas zonas de contato entre as diferentes litologias.

O Relevo do DF segundo Steinke (2003): para a identificação das unidades morfológicas do Distrito Federal, utilizou a integração de dados morfométricos de altitude e drenagem num Sistema de Informação Geográfica – SIG.

No estudo de identificação das divisões em padrões de formas semelhantes levou-se em consideração o grau de dissecação do relevo e a posição altimétrica. Assim, foram identificados quatro padrões: Padrão Aplainado Superior (Aps); Padrão Aplainado Inferior (Api); Padrão em Colinas (Cl) e Padrão Dissecado (D). A seguir serão descritos os quatro padrões de tipos de relevo identificados no Distrito Federal, os quais se aplicam também a região de estudo da bacia do Rio Preto.

Padrão Aplainado Superior (Aps) - As unidades morfológicas pertencentes a este padrão caracterizam-se por topografia plana e plana ondulada acima da cota de 1.000 metros. Apresentam cobertura predominante de Latossolos Vermelho-Escuro, cuja textura varia entre argilosa e argilosa/média (EMBRAPA, 1978). Estas unidades constituem-se no divisor de água das bacias hidrográficas do Rio São Bartolomeu e Rio Preto.

Padrão Aplainado Inferior (Api) - Este padrão ocorre sobre ardósias, filitos e quartzitos e é recoberto predominantemente por Latossolos Vermelho-Escuro, Latossolos Vermelho-Amarelo e solos lateríticos. Sobre este padrão, desenvolvem-se ainda algumas áreas de Cambissolos. Esta unidade encontra-se em regiões altimétricas com cotas variando de 830 a 1.030 metros, formando divisores de bacias de ordem de grandeza menor. Muito semelhante às Unidades Aplainadas Superiores se diferenciam apenas na posição altimétrica

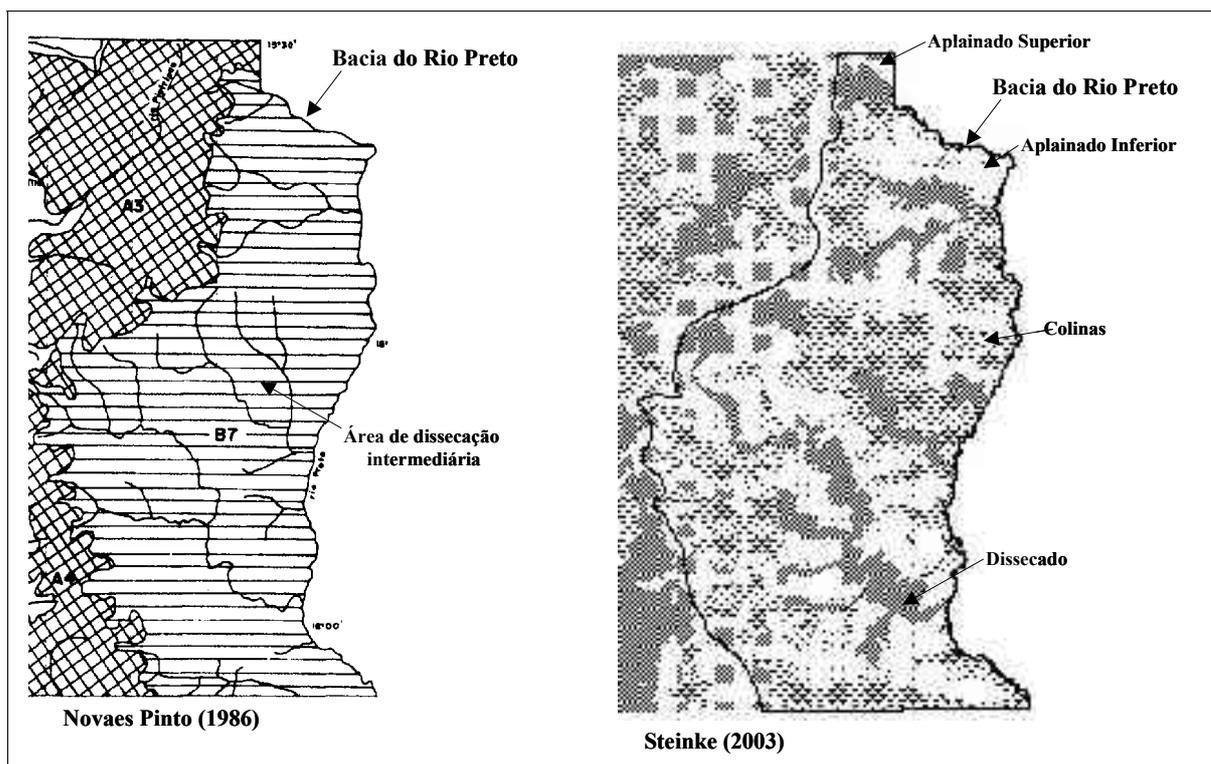
Padrão em Colinas (Cl) - A opção pela utilização do termo Colinas para este Padrão ocorreu em função do aspecto fisionômico observado, o qual está relacionado com declives suaves e de baixas amplitudes altimétricas (Guerra, 1997). No caso, as unidades morfológicas deste padrão encontram-se distribuídas em diferentes altitudes. A cobertura destas unidades, em função da distribuição espacial das mesmas, apresenta uma certa diversidade de tipos de solos. Ainda assim, há predominância de Latossolos Vermelho-Escuro, Latossolos Vermelho-Amarelo e Cambissolos.



Padrão Dissecado (D) - As unidades deste padrão apresentam como ponto comum o aprofundamento dos talvegues dos rios, com relevo acidentado, encostas de perfil convexo-côncavo e perfil complexo que inclui o segmento retilíneo e formação de solos câmbicos, principalmente, e litossolos. Caracterizam-se por amplitudes altimétricas elevadas e alto índice de dissecação do relevo. Este padrão está relacionado diretamente com o elevado grau de dissecação do relevo, com o elevado índice de bifurcação de canais, com índices elevados de relação do relevo e densidade de drenagem.

Na comparação entre as duas classificações, podemos observar que Steinke apresentou maior detalhamento da fisionomia do relevo. Esse detalhamento se deve ao fato deste ter utilizado dados (altimetria e drenagem) em escala de 1:10.000 enquanto Novaes utilizou dados na escala de 1:100.000.

A diferença entre as escalas das informações gerou diferenças nas classificações dos padrões de relevo, Novaes acabou por englobar em uma grande unidade, unidades que para Steinke possuem características distintas. O maior detalhamento nos dados de Steinke tornou possível a identificação de áreas que na classificação anterior estavam diluídas no contexto da classificação e, que com informações de detalhe é possível identificar com precisão rupturas de relevo significativas (figura 1).



Direita mapa apresentado por Steinke com os quatro padrões de relevo, Aplainado Superior, Aplainado Inferior, Colinas e Dissecado.

Considerações Finais: O objetivo deste trabalho foi analisar o grau de importância da escala para os estudos geomorfológicos, uma vez que, em se tratando do Distrito Federal, temos um certo consenso que o relevo é plano ou suave-ondulado, o que do ponto de vista ambiental poderia, em certa medida, ser um ponto positivo, no entanto fica comprovado que é necessário um detalhamento das unidades, padrões e formas do relevo, a fim de auxiliar o planejamento e a gestão do território de modo objetivo.



Referências Bibliográficas:

- AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, Instituto de Geografia – USP, n. 20, p. 17 - 28, 1970.
- ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. T e CUNHA, S B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 356 – 391.
- BOCCO, G., MENDOZA, M. e VELÁZQUEZ, A. Remote Sensing and GIS – based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries. **Geomorphology**, n. 39, p. 211-219, 2001. (www.elsevier.nl/locate/geomorph)
- BOTELHO, R. G. M e QUEIROZ NETO, J. P. de. Compartimentação do relevo na região do alto rio Negro e borda leste do pantanal da Nocolândia (MS). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 64.
- DE BIASI, M. Cartas de declividade: confecção e utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n 21, p. 8-12. 1970.
- MANFREDINI, S. e QUEIROZ NETO, J. P. de. Comportamento hídrico de sistema de transformação lateral B latossólico/B textural em Marília – SP. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1993. p. 91-92.
- MAURO, C. A. Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 3, 1991, Toluca. **Memórias**. Toluca: UAEM, v. 4, 1991, p.391-419.
- HUBP, J. I. L. **Elementos de geomorfologia aplicada: métodos cartográficos**. 1ª ed., México: Instituto de Geografia, 1988.
- DAL POZZO, A. P. e ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico da bacia do ribeirão da Serra, município do Tietê e Cerquilho – SP: subsídios para o planejamento físico territorial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2001. p. 273.
- EMBRAPA. **Mapa de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal**. 1ª ed., Brasília, 1978. 1 mapa: color.: .1,20 x 80 cm. Escala 1:100.000.
- FERREIRA, F. R. B Métodos e técnicas de geoprocessamento aplicados à obtenção de parâmetros geomorfológicos fluviais. **Geografia**. Rio Claro, v. 28, n. 1, p. 45-62. 2003
- FERREIRA, R. V. e CANDEIAS, A. L. B. Geoprocessamento aplicado a geomorfologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 19, 1999, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 1999. p. 321- 331.
- FONTES, A. L. Contribuição da geomorfologia aos estudos ambientais do baixo São Francisco sergipano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2001. p. 107.
- FOURNIER. J. Contribuições da morfologia matemática para a geomorfologia teórica e quantitativa. **Geografia**. Rio Claro, v 28, n. 1, p. 29-44. 2003.
- GUERRA, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- KOHLER, H. C. A escala na análise geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, UGB, v. 3, n. 1, p. 21-31, 2002.
- LEAL, L. R., GUIMARÃES, R. F., CARVALHO JÚNIOR, O. A. de, ANDRADE, A. C. de, PANQUESTOR, E. K., RAMOS, V. M. MARTINS, E. de S. Definição de unidades geomorfológicas a partir de imagens de dados morfométricos na bacia o rio Grande (BA). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...**: INPE, 2003. p. 2055-2062.



- LUPINACCI CUNHA, C. M., MENDES, I. A. e SANCHEZ, M. C. Análise morfométrica do relevo: o caso da alta bacia do rio Passa Cinco (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 141 – 143..
- MAGALHÃES Jr., A. P., TRINDADE, E. de S e FERREIRA, A. de O. Identificação de áreas de “instabilidade geomorfológica” como subsídio para a gestão de bacias hidrográficas na região sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1999. p. 235.
- MENDES, I. A., ARRUDA, E. M., FELISBINO, R., MISSURA, R., PEREIRA, S. de C. Caracterização geomorfológica do município de Ribeirão Grande – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2001. p. 79.
- NOVAES PINTO, M. Unidades geomorfológicas do Distrito Federal. **Geografia**, Rio Claro, v. 11, n. 21, p. 97-109, 1986.
- NUNES, B. de A.; RIBEIRO, M. I. de C.; ALMEIDA, V. J. de; NATALI FILHO, T. (coord.) **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.
- PANQUESTOR, E. K., CARVALHO JÚNIOR, O. A. de, LEAL, L. R., ANDRADE. A. C. de, MARTINS, E. de S. e GUIMARÃES, R. F. Associação de processamento digital de imagens ao uso de parâmetros morfométricos na definição de unidades de paisagem da bacia do Rio Corrente – BA. **Espaço e Geografia**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 87-99, 2002.
- RODRIGUES, S. C., BACCARO, C, Ap, D., MEDEIROS, S., FERREIRA, I. L., SANTOS, L. dos. A geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Araguari e do alto Parnaíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2001. p. 132.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 17-30, 1992.
- SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru, SP. Regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. São Paulo, 104 f. 1994. Tese (Doutorado em Geografia Física) – FFCHL, Universidade de São Paulo.
- SEABRA, F. B., PEREZ FILHO, A. e SOARES, P. R. B. Caracterização geomorfológica e avaliação da fragilidade do meio em área do município de Itirapina, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2001. p. 85.
- SPIRIDONOV, A. I. **Principios de la metodología de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico**. Habana, 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia), Facultad de Geografía, Universidad de la Habana.
- STEINKE, V. A. e COSTA, D. A. de A. Determinação de feições geomorfológicas a partir da técnica de multiplicação de bandas espectrais e do modelo numérico do terreno. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4, 2002, São Luis. **Anais...** São Luis: UFMA, 2002, p. 101.
- STEINKE, V. A. **Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no distrito federal**. Brasília, 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências – Departamento de Geologia, Universidade de Brasília - UnB.
- VEIGA, A. J. P. **Mapeamento geomorfológico, com o uso de sensoriamento remoto e SIG como subsídio ao planejamento ambiental**. Brasília, 2001. 101 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília - UnB.