

A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA DE DETALHE: UMA PROPOSTA VISANDO À MULTIDISCIPLINARIDADE

Cenira Maria Lupinacci da Cunha¹
Débora Silva Queiroz²

Introdução

Nos dias atuais, em que a questão ambiental se tornou premente, constata-se que o planejamento e a gestão dos recursos naturais constituem uma necessidade para seu sucesso. Assim, para que o referido planejamento seja possível, faz-se necessário um inventário do substrato físico-natural do território a ser gerenciado. Dessa forma, considerando-se que o relevo é um dos elementos que compõem este substrato, o levantamento e a análise de suas características têm relevância para os processos de planejamento e gestão ambiental.

Nesse contexto, a cartografia das feições de relevo é instrumento importante por possibilitar identificar o contexto espacial em que tais feições se estruturam. Griffiths e Abraham (2008) afirmam que os mapas geomorfológicos têm especial importância para os estudos de planejamento ambiental, pois permitem compreender a distribuição espacial dos processos atuais e pretéritos, responsáveis pelas formas de relevo das paisagens contemporâneas. Assim, a representação cartográfica do relevo pode fornecer dados sobre as condições locais para ocupação ou, ainda, em caso de ocupação já efetiva, pode auxiliar na identificação de áreas potencialmente problemáticas no futuro.

Contudo, convém lembrar que existem dificuldades para a realização dos mapeamentos geomorfológicos que derivam da própria natureza do objeto relevo. Assim, mapear esse objeto, o qual, por definição, é tridimensional, utilizando duas dimensões, cria dificuldades as quais refletem na grande variedade de sugestões, no que se refere aos símbolos e tramas para a realização dessa tarefa.

Griffits e Abraham (2008), analisando a produção inglesa, afirmam que os mapas geomorfológicos criados pelos geomorfólogos acadêmicos são documentos complexos que, geralmente, requerem a interpretação de um especialista o que dificulta seu uso por outros profissionais. Os autores sugerem que tais mapas devem ser repensados, tanto em termos de escala como em termos de conteúdo, para facilitar o atendimento ao usuário.

Considerando essas questões, o objetivo deste artigo é avaliar as possibilidades e limitações do uso de ortofotocartas digitais como base para a apresentação de mapeamentos geomorfológicos de detalhe para leitores não especialistas, associando tais ortofotos a esquemas de representação em bancos de dados em SIG.

Compreende-se que a leitura dos mapeamentos geomorfológicos por profissionais de outras áreas ainda é questão a ser resolvida nas propostas metodológicas de cartografia do relevo. As cartas geomorfológicas contêm grande número de informações, essenciais para a compreensão da dinâmica do relevo, que são representadas por símbolos e tramas, o que, frequentemente, compromete sua leitura por outros profissionais. Considerando a importância da informação geomorfológica para o planejamento, geralmente realizado por equipes pluri-disciplinares, busca-se aqui discutir alternativas para a apresentação de uma forma mais eficaz destes mapeamentos. Assim, considerando a visão de Fookes, Lee e Griffiths (2007), sobre a importância do uso de ortofotos como base para o mapeamento geomorfológico, buscam-se novas alternativas para facilitar a sua leitura.

Como área de estudo, foi selecionado um setor do município de Mongaguá. Essa escolha deve-se tanto à disponibilidade de material para essa área, como à possibilidade de avaliar a questão da cartografia geomorfológica em ambiente litorâneo. Considera-se importante avaliar essa questão para as áreas litorâneas, visto seu caráter azonal constituir um desafio para a universalização dos símbolos e procedimentos. Além disso, os setores litorâneos no Brasil são de ocupação antiga, e isso se reflete na necessidade premente de planejamento da expansão urbana e

de resolução de problemas urbanos. Para isso, os estudos têm que ser de detalhe e elaborados por equipes multidisciplinares. Acredita-se que um mapeamento geomorfológico de qualidade possa fornecer informações sobre as fragilidades potenciais do relevo em relação ao uso e ocupação, sendo instrumento auxiliar para o planejamento urbano. Assim, inicialmente, apresenta-se uma breve revisão teórica sobre a questão da cartografia geomorfológica.

A Cartografia Geomorfológica

A representação cartográfica do relevo pode fornecer dados sobre as condições locais para ocupação ou, ainda, em caso de ocupação já efetiva, pode auxiliar na identificação de áreas potencialmente problemáticas no futuro. Assim, trata-se de assunto pertinente diante do quadro atual de intenso uso da terra.

Nesse sentido, Bocco, Mendoza e Velázquez (2001) destacam a importância da cartografia geomorfológica para países em desenvolvimento ao apresentarem proposta de mapeamento do relevo para a região centro-oeste mexicana. Os autores afirmam que mapeamentos em escala de reconhecimento (1: 250.000) são importantes para orientar a avaliação e o planejamento de grandes territórios.

Já Nygaard e Kolstrup (2008), estudando áreas periglaciais, destacam a importância do mapeamento geomorfológico em relação à escolha de locais para a amostragem das formações superficiais e para o monitoramento dos processos erosivos-depositacionais, em ambientes dominados por aquelas condições climáticas, as quais propiciam fluxos significativos de sedimentos em determinados períodos do ano.

Dessa forma, a cartografia geomorfológica constitui um tipo de mapeamento cuja complexidade é inerente ao próprio objeto de representação. O relevo apresenta, também, uma diversidade de formas e de gênese, geradas por complicados mecanismos que atuam no presente e que atuaram no passado. Dessa forma, segundo Ross (1991, p. 17):

interpretar o relevo não é simplesmente saber identificar padrões de formas ou tipos de vertentes e vales, não é simplesmente saber descrever o comportamento geométrico das formas, mas saber identificá-las e correlacioná-las com os processos atuais e pretéritos, responsáveis por tais modelados, e com isso estabelecer não só a gênese mas também sua cronologia, ainda que relativa.

Portanto, uma cartografia geomorfológica eficiente deve indicar todos esses elementos, considerados como essenciais para o entendimento do relevo. Assim, uma classificação genética e cronológica do relevo em estudo permite identificar formas ativas e processos operantes, possibilitando avaliar as consequências da interferência antrópica sobre tais áreas.

Desse modo, é interessante notar que autores da cartografia temática, como Cuff e Mattson (1982), entendem que a representação cartográfica das formas de relevo constitui uma categoria única, pois envolve tanto dados qualitativos (forma) como quantitativos (altitudes, declividade, etc.). É preciso lembrar que, além dos citados, é comum, nas cartas geomorfológicas, a presença de dados sobre a cronologia.

Assim, constata-se que os mapas geomorfológicos são, realmente, produtos diferenciados no âmbito da cartografia temática, não só por abarcarem dados qualitativos e quantitativos, mas também por utilizarem para isso os três modos de implantação da informação, isto é, utilizam-se os modos linear, pontual e zonal em um mesmo mapa. (MARTINELLI, 1991).

Dessa forma, representar todas as informações necessárias ao entendimento do relevo em um único documento cartográfico torna-se uma tarefa difícil de ser executada, levando à diversidade de procedimentos técnicos os quais variam de acordo com as características da área pesquisada, a escala de trabalho e o objetivo do pesquisador. Assim, Argento (1995, p. 366) defende que “no contexto operacional, os mapeamentos geomorfológicos não seguem um padrão predefinido, tanto em nível de escalas adotadas, como quanto à adoção de bases taxonômicas a elas aferidas”.

Theiler et al. (2010) afirmam que o conteúdo dos mapas geomorfológicos tradicionais nem sempre respondem às necessidades dos pesquisadores. Além disso, os autores chamam a atenção para a possível subjetividade que o material pode conter, devido às inúmeras propostas metodológicas existentes para sua realização. Sobre essa questão, Panizza (1978) já enfatizava o problema da quantidade e diversidade de dados, os quais, na visão desse autor, apesar do rigor científico, podem comprometer o uso prático desse tipo de mapeamento.

Nesse contexto, é importante compreender ainda a questão da escala de trabalho a qual condiciona os fatos geomorfológicos com possibilidade de serem mapeados. Será de acordo com a escala do mapeamento que se poderá representar determinada unidade taxonômica do relevo.

Castiglioni et al. (1999), ao relatarem uma experiência, na Itália, de mapeamento geomorfológico na escala de 1:250.000 registram a dificuldade de aliar tal escala à questão da evolução temporal das formas de relevo. Apesar disso, os autores destacam a possibilidade de diagnosticar cenários complexos, principalmente litorâneos, que necessitam de estudos de mais detalhe, a partir dessa escala mais generalizada.

Ainda sobre a questão da escala, Minár e Evans (2008) também chamam a atenção para a necessidade de se reconhecerem as limitações impostas. Assim, na pesquisa desenvolvida pelos autores, esses exemplificam tal limitação, apontando que descontinuidades, mapeadas como limites entre formas elementares em uma escala de análise, podem ser mapeadas como outras formas elementares em outras escalas e isso precisa ainda ser avaliado. É importante considerar que a questão apontada pelos autores se refere à complexidade da escala têmporo-espacial discutida por Cailleux e Tricart (1956, citado por Tricart, 1965) na década de 1950. Assim, naquela ocasião, os autores já apontavam que a dimensão das feições geomorfológicas e a forma de sua cartografia passam, necessariamente, pela limitação imposta pela escala.

Sobre a questão da escala, a visão de Gustavsson e Kolstrup (2009) diverge daquela colocada por Minár e Evans (2008). Os autores testaram uma proposta de legenda para a região central da Suécia e concluíram ser possível manter a mesma legenda e, portanto, o mesmo nível de informação para escalas diferentes (1:5.000, 1:25.000 e 1:50.000), utilizando Sistemas de Informação Geográfica. Os autores chamam a atenção para a necessidade de testar tal sistema de legenda para outros terrenos e para a inviabilidade do procedimento para material impresso, pois a leitura dos mapas de menor detalhe fica comprometida nessa situação. Quando lidos em meio digital, o recurso de *zoom*, disponível nos sistemas, possibilita uma boa leitura dos mapas de escala mais generalizada.

Já com relação ao conteúdo, Gustavsson, Kolstrup e Seijmonsbergen (2006) apresentam uma compilação interessante sobre quais são esses e suas formas de representação nas principais escolas europeias.

Ainda, sobre as escolas europeias, destaca-se a análise realizada por Pavlopoulos, Evelpidou e Vassilopoulos (2009) sobre a evolução da cartografia geomorfológica. Para os autores citados, a introdução da ideia da evolução constante da superfície terrestre através da teoria davisiana, em 1899, caracteriza um marco importante para a cartografia geomorfológica. Até esse período, as descrições fisiográficas e os blocos diagramas eram as técnicas principais de estudo da geomorfologia. A partir da ideia de dinâmica constante da superfície introduzida pelo ciclo geográfico davisiano, o uso de apenas esses instrumentos passou a não ser mais satisfatório; identificava-se a necessidade de novas técnicas que possibilitassem uma análise integrada de diversas variáveis do relevo. Contudo, para Pavlopoulos, Evelpidou e Vassilopoulos (2009), foi somente após a Segunda Guerra Mundial, com a disseminação do uso das fotografias aéreas, amplamente utilizadas durante aquele conflito, que a cartografia geomorfológica evoluiu o suficiente para estabelecer seu conteúdo básico e iniciar a busca por padrões de legenda e simbologia.

Sobre esse período, Gustavsson (2006) destaca a importância da criação da subcomissão de mapeamento geomorfológico ocorrida durante o 18º Congresso da União Geográfica Internacional, no Rio de Janeiro, em 1956. Segundo o autor, essa

Comissão reuniu-se regularmente durante a década de 60, culminando com a publicação de uma legenda unificada em 1968, e a obra de Demek, em 1967. O autor ainda destaca os esforços do *International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences* (ITC) na Holanda, através do trabalho de Verstappen e Zuidan o qual se inicia em 1965 e dela, no Brasil, tem-se acesso à terceira edição, datada de 1975. Esse trabalho do ITC, na visão de Gustavsson (2006), também busca a padronização de legendas e procedimentos.

Assim, apesar dessa preocupação antiga com a padronização, Pavlopoulos, Evelpidou e Vassilopoulos (2009) afirmam que, mesmo entre os europeus, é considerada de difícil concepção, devido aos diversificados interesses dos pesquisadores e a variedade de terrenos investigados. Assim, os autores afirmam que os pesquisadores franceses e húngaros enfatizam o papel da estrutura na definição das unidades geomorfológicas, enquanto os alemães, poloneses, russos e romenos dão grande importância à forma. Já os pesquisadores da Grã-Bretanha desenvolveram um “sistema empírico”, também utilizado pelos belgas e canadenses, que valoriza as vertentes e planos e possibilita a quantificação de diversos parâmetros, incluindo idade e aspectos da gênese. Ainda, os autores destacam a noção de *land system* desenvolvido na Austrália e utilizado em diversas outras partes do mundo, inclusive no Brasil, como pode ser constatado no mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo produzido pelo IPT (1981b).

Na visão de Gustavsson (2006), nas últimas décadas, a cartografia geomorfológica pode ser compreendida a partir de duas abordagens distintas: a abordagem analítica que considera aspectos morfológicos, morfogenéticos e morfocronológicos, podendo apresentá-los conjuntamente ou de forma separada; e a abordagem sintética, que avalia um ou mais aspectos geomorfológicos em conjunto com outros dados como solos e vegetação. Na interpretação de Florenzano (2008) sobre essas abordagens, a analítica pode ser exemplificada por cartas morfométricas ou morfodinâmicas, enquanto a sintética se faria por documentos produzidos através da metodologia australiana baseada na noção de *land system*. Florenzano (2008) ainda destaca a importância das cartas morfométricas como possíveis sistemas de mapeamento do relevo de caráter universal. A autora coloca que as cartas

morfométricas podem vir a constituir : “um caminho para uma linguagem universal” (FLORENZANO, 2008, p. 111) já que se trata de documentos que realizam análises quantitativas do relevo e, portanto, o grau de subjetividade na interpretação dos dados é menor.

Sobre essa questão, destaca-se o trabalho de Minár e Evans (2008) sobre modelagem matemática de formas elementares do relevo como base para o mapeamento geomorfológico. A concepção desses autores aproxima-se da ideia de Florenzano (2008) ao proporem que as superfícies sejam classificadas de acordo com sua forma, através da análise geométrica do terreno. Assim, os autores concebem que a homogeneidade genética é refletida pela homogeneidade morfométrica e mudanças genéticas estão ligadas a descontinuidades morfométricas. Assim, ao identificar através de modelos geométricos as mudanças de forma, utilizando bases topográficas em Sistemas de Informação Geográfica, será possível definir de forma matemática as unidades homogêneas de formas elementares.

Essa questão é importante, atualmente, devido à potencialidade do uso dos Sistemas de Informação Geográfica para a análise integrada da paisagem. Estes sistemas não comportam os mapeamentos geomorfológicos tradicionais, nos quais o uso de símbolos e linhas é constante. Para a integração e tratamento dos dados geomorfológicos, os mapeamentos devem apresentar unidades espaciais (polígonos) fechadas que apresentem determinados atributos que as caracterizem. Neste sentido, Minár e Evans (2008) buscam apontar caminhos para tal tipo de análise e consideram que, através do critério geométrico e dos modelos matemáticos, os resultados produzidos podem ser comparados e a linguagem utilizada é precisa.

Buscando unidades de relevo na forma de polígonos fechados, destaca-se o trabalho de Pasuto e Soldati (1999), na Itália. Os autores afirmam que em alguns casos os mapeamentos geomorfológicos tradicionais são sobrecarregados por informações que não respondem diretamente ao interesse da pesquisa. Assim, quando tratam de áreas submetidas a intensos processos gravitacionais, como as estudadas pelos autores, esses sugerem o uso de *landslides units* como elemento norteador dos mapeamentos. Tais unidades são definidas de acordo com os depósitos avaliados em

campo, e as formas de relevo registradas em produtos cartográficos ou de sensores remoto. Para isso, os estudos devem ser em escala de detalhe e contar com o auxílio de análises laboratoriais dos depósitos, para identificar a origem e período de deposição.

Gustavsson, Kolstrup e Seijmonsbergen (2006) atentam para outra questão importante relacionada aos Sistemas de Informação Geográfica. Os autores afirmam que, muitas vezes, as informações geomorfológicas que integram os bancos de dados são introduzidas por especialistas em Sistemas de Informação Geográfica e não por especialistas em geomorfologia. Os autores entendem, portanto, que este desafio deve ser enfrentado pelos geomorfólogos nas próximas décadas, enfatizando a importância de se manter o uso de símbolos lineares e pontuais como fonte de informação essencial para o entendimento da dinâmica do relevo. Assim, acredita-se que essa visão seja pertinente, quando se trata de ambientes quentes e úmidos, nos quais, em cenário natural, a morfogênese tende a ser mais lenta do que em outros ambientes e, para ser identificada, necessita da representação de feições geomorfológicas de detalhe, as quais, muitas vezes, são os indicativos da atividade morfogenética.

Diante do exposto, convém enfatizar que, em função do problema específico de legibilidade, constata-se que, de acordo com o objetivo de cada autor, existem diferenciações quanto aos elementos representados e a maneira de representá-los. Além disso, deve-se considerar que a orientação teórico-metodológica, a escala de trabalho e as especificidades das áreas estudadas constituem outro fator a ser analisado, para que se possam compreender as diferenciações nos mapeamentos geomorfológicos. Dessa maneira, neste artigo discutem-se alternativas para a apresentação dos mapeamentos geomorfológicos de forma eficiente a leitores não especialistas. Para tanto, apresentam-se a seguir as técnicas utilizadas para a confecção do mapeamento sobre a ortofotocarta digital.

Técnica Cartográfica

O mapeamento em escala de detalhe do setor do município de Mongaguá foi realizado sobre ortofotocarta digital de escala 1:10.000, sendo que tal setor corresponde aos terrenos mapeados na Folha Mongaguá II (SG-23-V-A-III-2-NO-F), elaborada pelo Instituto Geográfico e Cartográfico, em 1987 (IGC, 1987). As ortofotocartas digitais são resultado da ortorretificação de fotografias aéreas obtidas em um aerolevante datado de abril/maio de 2002, realizado pelo consórcio Base S.A., Engefoto e Aerocarta para a Agência Metropolitana da Baixada Santista (AGEM) e cedidas pela Prefeitura Municipal de Mongaguá para uso em trabalhos acadêmicos.

A técnica de mapeamento geomorfológico utilizada foi aquela proposta por Nunes et al. (1994), que se baseia nos procedimentos técnicos dos mapas geomorfológicos do Projeto RADAMBRASIL. Considerou-se que essa técnica supria os objetivos da pesquisa devido à sua ampla adaptação ao cenário brasileiro; admite-se, contudo, que outras propostas metodológicas devem ser testadas.

Nessa técnica os fatos geomorfológicos são divididos em domínios morfoestruturais, regiões geomorfológicas, unidades geomorfológicas e tipos de modelados. Ao utilizar a ortofotocarta digital com escala 1:10.000, referente ao setor do Município de Mongaguá, como base para o mapeamento geomorfológico, foi possível identificar até o nível dos tipos de modelados.

Desse modo, foi realizada uma delimitação das áreas cristalinas e das áreas de domínio deposicional, através da visualização das formas de relevo representadas na ortofotocarta digital. Por meio da interpretação visual das feições, foi possível identificar as linhas de cumeada e subdividir o setor cristalino em unidades menores; unidades essas que correspondem ao modelado de dissecação proposto por Nunes et al. (1994). Tal subdivisão ocorreu de acordo com a visualização da textura do relevo, das drenagens e das diferentes tonalidades de cinza.

Após a delimitação das unidades, fez-se o cálculo da dimensão interfluvial média. Para realizar tal cálculo, foi quantificada a distância entre os talvegues e calculada essa média para cada unidade de modelado de dissecação. O próximo passo consistiu em calcular o aprofundamento da drenagem de cada subunidade do cristalino. Para a realização desse cálculo, foi necessário utilizar a carta topográfica Folha Mongaguá SG-23-V-A-III-2 (Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, 1971), com escala 1:50.000. O cálculo foi realizado subtraindo o valor da curva de nível mais elevada pelo valor da curva de nível de menor altitude presente em cada unidade.

Após o cálculo desses valores, procedeu-se à sua classificação e hierarquização, através da análise de gráfico de frequência, os quais são apresentados na Figura 1, que aponta as classes de textura do relevo estabelecidas para a área de estudo.

Figura 1: Classes de dimensão interfluvial média e do aprofundamento da drenagem para cada unidade de dissecação do setor cristalino.

Intensidade do aprofundamento da drenagem	Dimensão Interfluvial Média				
	Muito fina 0-100 m	Fina 101-200 m	Média 201- 300 m	Grosseira 301- 400 m	Muito grosseira ≥ 400
Muito fraca 0-50 m	5.1	4.1	3.1	2.1	1.1
Fraca 51-100 m	5.2	4.2	3.2	2.2	1.2
Mediana 101-150 m	5.3	4.3	3.3	2.3	1.3
Forte 151-200 m	5.4	4.4	3.4	2.4	1.4
Muito forte ≥ 200 m	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5

Na figura 1, o primeiro algarismo refere-se à dimensão interfluvial média, a qual varia de 1 a 5, indicando que, quanto maior o valor, menor a distância entre as drenagens inseridas em cada unidade. Já o segundo algarismo refere-se à intensidade de aprofundamento da drenagem, que varia entre 1 e 5, apontando que, quanto maior o valor, maior a diferença altimétrica entre os vales e os topos de cada unidade.

As unidades do setor cristalino também foram classificadas de acordo com o formato do topo, agrupando-se as unidades em duas categorias de dissecção: dissecção com topos em colinas (**Dc**) e dissecção com topo aguçado (**Da**). As unidades dissecadas com topos em colinas são um conjunto de formas de relevo de topos convexos. As demais características descritas pelo autor para esse tipo de modelado (vertentes e vales) não são adequados para a área desta pesquisa; assim, utiliza-se somente a caracterização dos topos por compreender que as vertentes e vales não são necessariamente vinculados ao termo colinas. Já as unidades de dissecção com topo aguçado são um conjunto de formas de relevo com topos estreitos e alongados, vales encaixados e, geralmente, vertentes com declividade acentuada, como proposto pelo autor.

A interpretação visual da ortofotocarta digital no setor deposicional possibilitou a identificação dos modelados de acumulação. Assim, foram identificados os seguintes modelados de acumulação: acumulação coluvial (Ac), acumulação de terraço marinho (Atm I e Atm II), acumulação marinha (Am), acumulação de terraço fluvial (Atf) e acumulação de planície fluvial (Apf).

No setor cristalino, foi possível verificar ainda a atividade mineradora que ocorre no setor mapeado e as concavidades pronunciadas nas vertentes que indicam drenagens. Já no setor de acumulação da área estudada foram encontradas diversas feições mapeadas através de simbologias: no modelado de acumulação de terraço fluvial foram identificadas marcas de paleodrenagens e na área urbanizada identificou-se uma rodovia. Ainda, na área deposicional foi possível verificar a existência de cursos d'água, percebidos devido à coloração mais escura que o

entorno. Na área litorânea, foram identificadas drenagens que deságuam no oceano através de sua foz, a qual é nítida na área de acumulação marinha.

Nunes et al. (1994) apresentam os símbolos a serem utilizados nos mapeamentos geomorfológicos (Figura 2). Assim, foram inseridos símbolos na borda de terraço fluvial e na borda de terraço marinho; símbolo esse composto de retas paralelas, perpendiculares ao contorno do terraço fluvial e do terraço marinho.

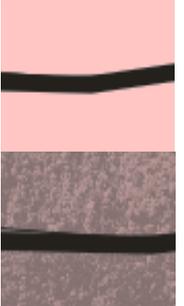
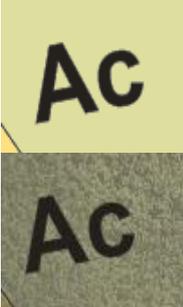
As marcas de paleodrenagens receberam um símbolo formado por retas separadas por pontos. Já o símbolo de linha de cumeada é uma linha contínua. O símbolo de linha de cumeada diferencia-se do símbolo do limite de modelado devido à espessura da linha. A linha de cumeada tem maior espessura em relação à linha de limite de modelado.

As drenagens são representadas no mapa por linhas contínuas na cor azul; a linha de costa por uma linha contínua em outra tonalidade de azul. A linha de costa tem uma tonalidade mais escura em relação às linhas que demarcam as drenagens. A rodovia é representada por uma linha contínua preta, tendo sido ainda inserido o símbolo da mineração.

A proposta de Nunes et al. (1994) aponta para o uso de cores para diferenciar os modelados de dissecação e os modelados de acumulação. As cores utilizadas foram extraídas da Folha SD 24 Salvador do Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981). Nessa folha, os modelados de dissecação recebem cores em tonalidades de vermelho e os modelados de acumulação recebem cores em tonalidades de amarelo, também utilizadas nesta pesquisa. As cores foram inseridas com o uso do recurso de “transparência”, a fim de propiciar condições para que o leitor possa observar a ortofotocarta digital adjacente.

Para finalizar, foi elaborada a legenda de acordo com aquelas dos mapas geomorfológicos do Projeto RADAMBRASIL. Assim, na legenda constam as cores e as letras utilizadas nos modelados de dissecação e nos modelados de acumulação, bem como a descrição de cada modelado e os símbolos utilizados.

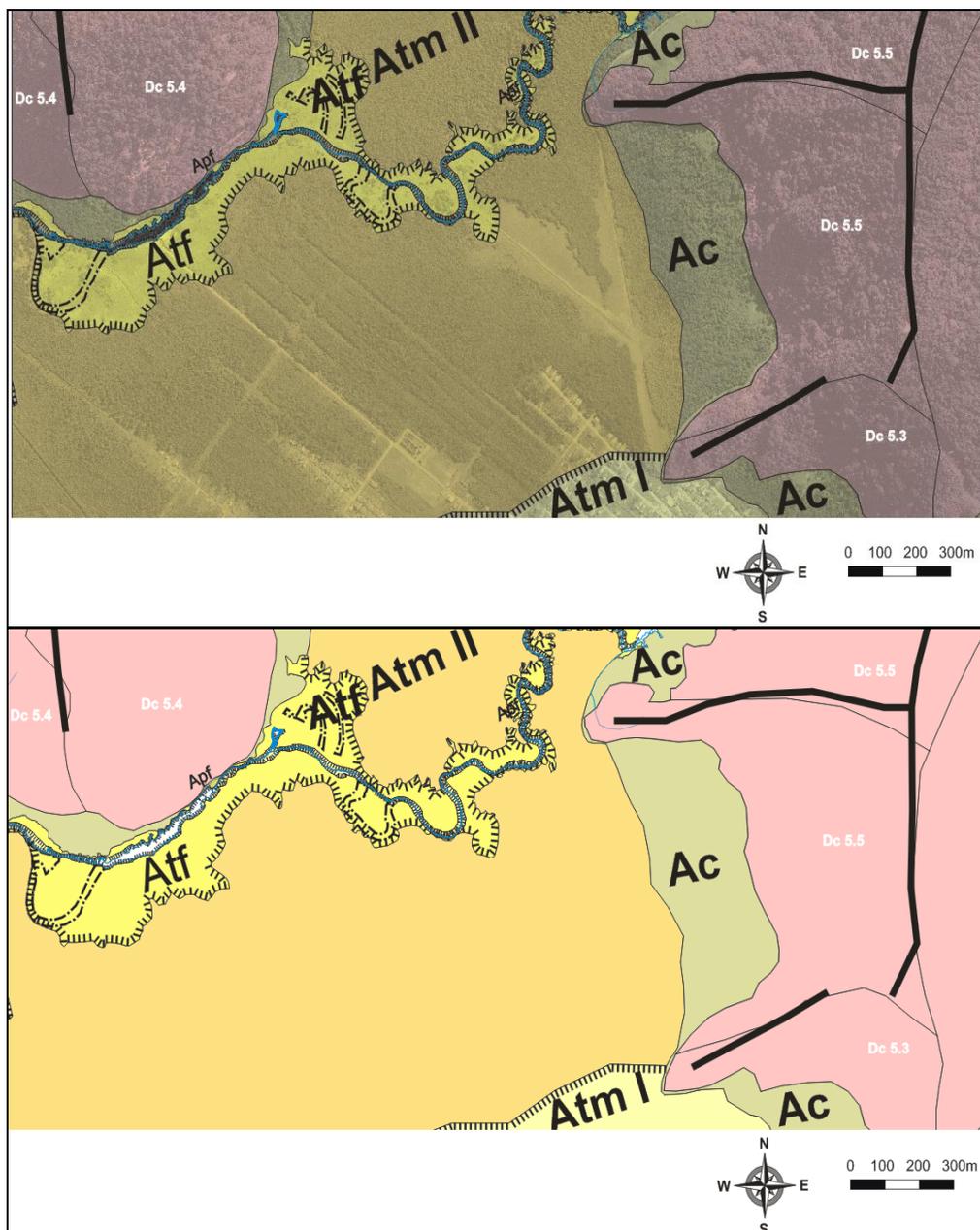
Figura 2 – Simbologia e cores utilizadas no mapeamento geomorfológico de acordo com a proposta de Nunes et al. (1994). Apresentam-se essas sem estarem sobrepostas à imagem e com a sobreposição.

Tipos de Modelados	Simbologia	Feição Geomorfológica	Simbologia
Cristalino		Linha de Cumeada	
Colúvio		Paleodrenagem	
Terraço Marinho – Primeiro nível (Atm I)		Borda de terraço fluvial	
Terraço Marinho – Segundo nível (Atm II)		Borda de terraço marinho	
Terraço Fluvial		Planície Fluvial	

Resultados

Para realizar a análise do mapeamento apresenta-se, na figura 2, um trecho dele com a sobreposição da ortofotocarta digital (Fig. 3) e o mapa geomorfológico sem a sobreposição da ortofotocarta digital (Fig. 4).

Fig. 3 e 4 - Mapeamento geomorfológico sobreposto a ortofotocarta digital e sem a presença dessa. A legenda encontra-se na fig. 2.



Esta forma de representar o relevo busca proporcionar uma melhor legibilidade aos leitores que não estão acostumados com os mapeamentos geomorfológicos. Busca-se tal legibilidade com a utilização da ortofotocarta digital, pois, ao visualizar a sobreposição de simbologias com o produto de sensor remoto é possível fazer uma associação do símbolo com as feições do relevo que é representado.

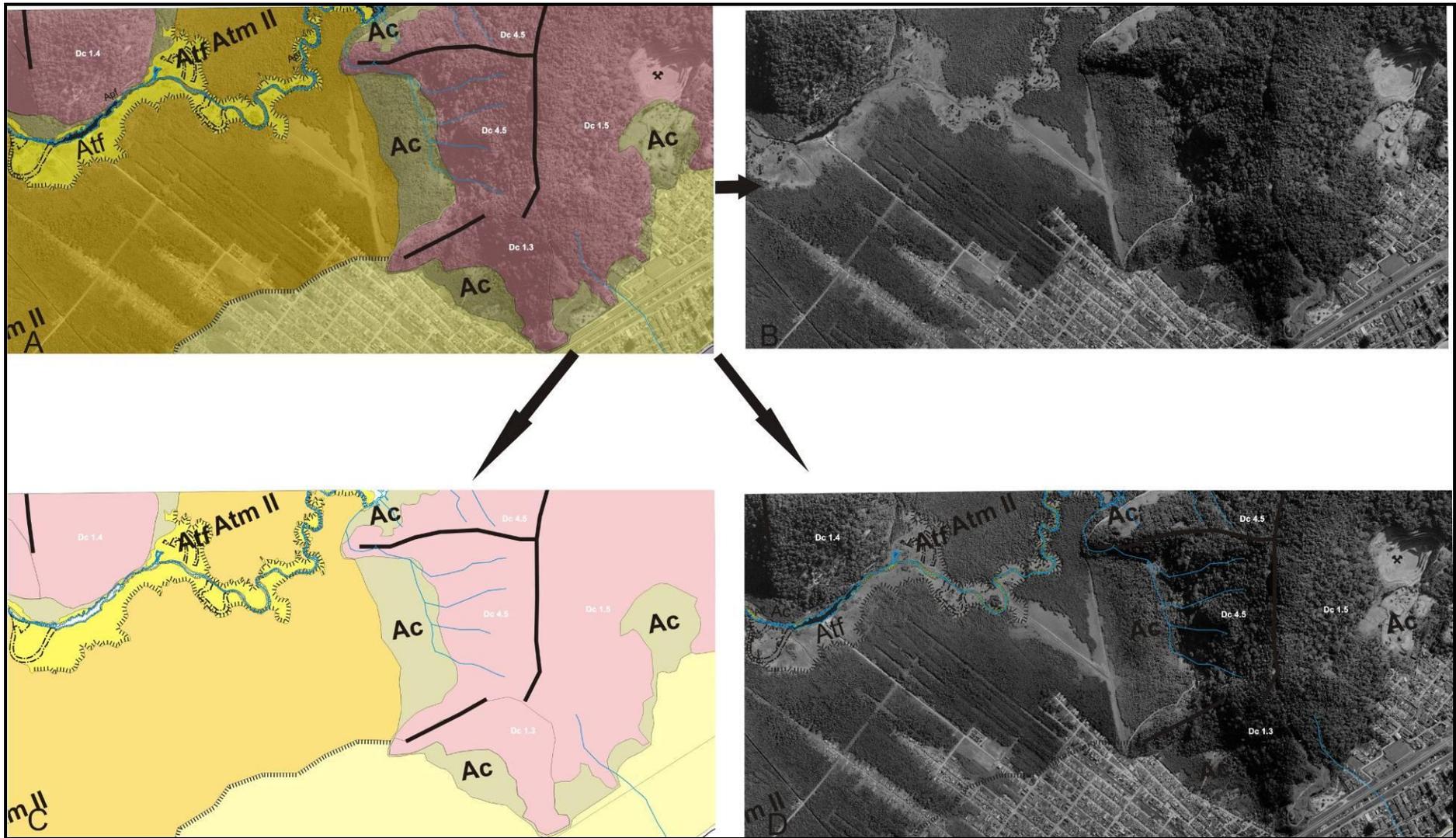
Outro ponto importante é a visualização das concavidades no terreno e da diferença altimétrica entre o terraço marinho, o colúvio e o setor cristalino, possibilitando a percepção da tridimensionalidade do relevo através da textura impressa na imagem da ortofotocarta digital. Acredita-se que isso melhora a legibilidade do produto, se comparado com a visualização bidimensional proporcionada pelo mapeamento geomorfológico tradicional, contendo apenas cores e símbolos. Convém lembrar ainda que, com o uso da ortofoto, torna-se possível verificar as intervenções antrópicas no modelado, o que facilita a leitura e interpretação do mapa por outros profissionais que trabalham com a análise ambiental.

Na figura 3, é possível verificar a abertura de vias, na área de terraço marinho (Atm II), cortando a cobertura de restinga típica desse ambiente. Além disso, a área urbana, no extremo sul-sudeste da fig. 3, aproxima-se de áreas de colúvio (Ac), terreno reconhecido por seu caráter de instabilidade eminente devido à grande mobilização de materiais vindos do setor serrano, pelos processos pluviais e gravitacionais relacionados ao escoamento superficial.

Ainda, considerando o procedimento proposto por Nunes et al. (1994), verificou-se que o uso de cores associadas à transparência, como realizado, em conjunto com os símbolos de ressaltos topográficos, possibilitaram uma boa diferenciação entre os compartimentos. Considerando que esse tipo de mapeamento possa vir a se constituir como um plano de informação dentro de um banco de dados utilizado para o planejamento urbano e, portanto, lido em meio digital, no qual é possível organizar camadas de informações (Fig. 5) que podem ser visualizadas, de acordo com a necessidade do usuário, o mapeamento realizado em cores, com o

uso de transparências, é bastante eficiente na identificação dos diferentes terrenos que compõem a área estudada.

Figura 5 – Fragmento da carta geomorfológica do setor litorâneo, elaborada segundo Nunes et al. (1994), e as possibilidades de sua leitura em meio digital. A legenda encontra-se na fig. 2.



Na figura 5, apresentam-se algumas possibilidades de visualização das informações em meio digital. Assim, na figura 5-A apresenta-se o mapeamento finalizado, com todas as informações representadas. No fragmento B tem-se somente a imagem do terreno e no fragmento C o mapeamento geomorfológico desse. Em meio digital, o usuário pode retornar ao terreno, como no fragmento D, sobrepondo os limites das áreas de acumulação e as simbologias lineares. Assim, seria possível uma leitura mais direta do que tais feições geomorfológicas significam no terreno. As possibilidades de leitura em meio digital dos mapeamentos geomorfológicos não devem ser desconsideradas no contexto atual, no qual os estudos ambientais e de planejamento frequentemente se utilizam de bancos de dados complexos para atingir seus objetivos.

Além disso, a morfometria das áreas cristalinas permite a identificação de níveis de fragilidade potencial do relevo que constituem dado importante para a definição da potencialidade de uso de cada terreno. Na figura 5, por exemplo, ocorrem vários níveis diferenciados de dissecação, representados pelas expressões alfanuméricas Dc 1.3 a Dc 4.5, na qual o primeiro dígito identifica a dimensão interfluvial e o segundo dígito discrimina a intensidade do aprofundamento da drenagem, cujo significado pode ser mais facilmente observado no fragmento D.

Ao suprimir o preenchimento dos polígonos, cria-se a possibilidade de o leitor observar os diferentes níveis de dimensão interfluvial e, através da textura, compreender o significado dos diferentes valores de aprofundamento da drenagem. Assim, no esporão serrano localizado no setor direito da figura 5 tem-se, na vertente orientada a oeste, maior dissecação no que se refere à dimensão interfluvial do que naquela voltada para leste. Já com relação ao aprofundamento da drenagem, os valores são semelhantes, visto que o nível de base local refere-se à própria planície quaternária.

Contudo, a identificação das unidades de dissecação, a partir das quais se mapeia a morfometria, é bastante comprometida na ortofotocarta digital, podendo o foto intérprete ser facilmente confundido pelo ângulo de luminosidade que incide sobre o terreno no momento da tomada da fotografia aérea. Terrenos intensamente

iluminados apresentam, aparentemente, textura diferente do que aqueles, muitas vezes contíguos, orientados para a sombra. Esse fato também compromete a identificação das drenagens visto que essas, na área cristalina, são mapeadas utilizando, principalmente, o sombreamento produzido pelas concavidades do relevo. Nas vertentes voltadas diretamente para a luz, quando da tomada da fotografia, esse sombreamento não é eficientemente produzido, sendo pouco pronunciado. Dessa forma, é importante analisar a ortofocarta digital em conjunto com mapas topográficos de escala de detalhe.

Considera-se, ainda, em ambientes litorâneos, essencial a identificação e o mapeamento das bordas dos terraços, caracterizadas por ressaltos topográficos, para a identificação dos compartimentos geomorfológicos vinculados aos diversos agentes deposicionais e suas fases de atuação, principalmente no caso específico dos diferentes níveis de terraço marinho. No caso desta pesquisa, diferenciaram-se apenas dois níveis de rebordo de terraço; há propostas metodológicas, contudo, que apresentam uma gama significativa de simbologias, permitindo avaliar metricamente tais desníveis. Para utilizar tal nível de detalhe, seriam necessárias cartas topográficas de escala de maior detalhe, mas não se pôde obtê-las nesta pesquisa. Além disso, a ausência de estereoscopia das ortofotocartas digitais compromete, significativamente, o procedimento e a precisão de tais limites.

Considerações Finais

É importante ressaltar que, de acordo com os objetivos desta pesquisa, o mapeamento gerado deveria ser representado sobreposto a uma imagem do terreno, visando facilitar a leitura aos não especialistas da área. Assim, acredita-se que os exemplos mostrados podem comprovar que a presença de uma imagem do terreno, que possa ser diretamente associada ao mapeamento, constitui um facilitador para a leitura dos mapeamentos geomorfológicos. Tais mapas são diferenciados devido à própria natureza do objeto a ser mapeado, como por implantarem a informação, utilizando tanto polígonos como pontos e linhas.

Considera-se, por fim, que outras propostas técnicas para a execução dos mapeamentos devem ser avaliadas, assim como outros produtos do sensoriamento remoto podem ser analisados como informação de fundo a compor os mapeamentos geomorfológicos.

Referências

ARGENTO, M.S.F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p.365-391.

BOCCO, G.; MENDOZA, M. 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.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SD 24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1981.

CASTIGLIONI, G. B.; BIANCOTTI, A.; BONDESAN, M.; CORTEMIGLIA, G. C.; ELMI, C.; FAVERO, V.; GASPERI, G.; MARCHETTI, G. Geomorphological map of the Po plain, Italy. **Earth Surface Processes and Landforms**, n.24, p.1115-1120, 1999.

CUFF, D.J.; MATTSON, M.T. **Thematic maps**. New York: Methuen & Co., 1982.
DEMEK, J. (Ed). **Progress made in geomorphological mapping**. BRNO: IGU Commission on Applied Geomorphology, 1967.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: _____ **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 105-128.

FOOKES, P.G.; LEE, E. M.; GRIFFITHS, J. S. **Engineering geomorphology: Theory and practice**. Boca Raton: CRC Press, 2007.

GRIFFITHS, J. S.; ABRAHAM, J. K. Factors affecting the use of applied geomorphology maps to communicate with different end-user. **Journal of maps**, p. 201-210, 2008.

GUSTAVSSON, M. **Development of a detailed geomorphological mapping system and GIS Geodatabase in Sweden**. Digital comprehensive summaries Uppsala dissertation from de Faculty from Science and Technology, n. 236. 2006.

GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E.; SEIJMONSBERGEN, A. C. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific

discipline for understanding landscape development. **Geomorphology**, n. 77, p. 90-111, 2006.

GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E. New geomorphological mapping system used at different scales in a Swedish glaciated area. **Geomorphology**, n. 110, p.37-49, 2009.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folha topográfica Mongaguá II**. São Paulo: Governo do Estado, 1987. 1 mapa. Escala 1:10.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Folha topográfica de Mongaguá**. São Paulo: Governo do Estado, 1971. 1 mapa. Escala 1:50.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981b. 2v.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991.

MINÁR, J.; EVANS, I. S. Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping. **Geomorphology**, n. 95, p. 236–259, 2008.

NUNES, B. A.; RIBEIRO, M. I de C.; ALMEIDA, V. J.; NATALI FILHO, T. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994. 113p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n.5).

NYGAARD, N.; KOLSTRUP, E. Detailed geomorphological mapping: A potential basis for sediment flux assessment. **Z. Geomorph. N. F**, Berlin, n. 52, Suppl.1, p. 199-210, jan. 2008.

PANIZZA, M. Analysis and mapping of geomorphological processes in environmental management. **Geoforum**, v. 9, n. 1, pp. 1-15, 1978.

PASUTO, A.; SOLDATI, M. The use of landslide units in geomorphological mapping: an example in the Italian Dolomites. **Geomorphology**, n. 30, p. 53-64, 1999.

PAVLOPOULOS, K; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. **Mapping geomorphological environments**. Berlin: Springer, 2009.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1991.

THELER, D.; REYNARD, E.; LAMBIEL, C.; BARDOU, E. The contribution of geomorphological mapping to sediment transfer evaluation in small alpine catchments. **Geomorphology**, n. 124, p. 113-123, 2010.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson et Cie, 1965.

Agradecimentos

À FAPESP pelo financiamento através dos processos n. 2008/10965-5 e 2009/16903-4.

RESUMO

Considera-se que a leitura dos mapeamentos geomorfológicos por profissionais de outras áreas ainda é questão a ser resolvida nas propostas metodológicas de cartografia do relevo. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é avaliar as possibilidades e limitações do uso de ortofotocartas digitais como base para a apresentação de mapeamentos geomorfológicos de detalhe para leitores não especialistas, associando tais ortofotos a esquemas de representação em bancos de dados em SIG. As cartas geomorfológicas contêm grande número de informações, essenciais para a compreensão da dinâmica do relevo, que são representadas por símbolos e tramas, o que, frequentemente, compromete sua leitura por outros profissionais. Assim, foi realizado o referido mapeamento de um setor do município de Mongaguá (SP), ambiente litorâneo, cujo planejamento da expansão urbana faz-se necessária. Os resultados obtidos demonstram que a associação entre a imagem do terreno, impressa na ortofotocarta digital, com planos de informação de modelados e feições geomorfológicas, podem auxiliar na leitura e interpretação do significado ambiental das feições de relevo mapeadas.

Palavras-chave: Geomorfologia. Litoral. Cartografia geomorfológica. Morfometria. Fragilidade Potencial. Legibilidade.

ABSTRACT

It is considered that the reading of geomorphological mappings by professionals of other areas is still an issue that has to be discussed in methodological proposals of relief cartography. In this sense, this paper aims to evaluate the possibilities and limitations of using digital orthophoto maps as basis for the presentation of detailed geomorphological cartography for non-specialists readers, associating these orthophotos to representation schemes in GIS databases. The geomorphological mappings contain a large number of essential information for understanding the dynamics of the relief, which are represented by symbols and plots that often undermines their reading by other professionals. Thus, a sector of the city of Mongaguá in the state of São Paulo was mapped. This is a coastal environment in which the planning of urban sprawl is necessary. The results show that the association between the image of the terrain, printed in digital orthophoto map, and information plans of modeling and geomorphological features, can assist in reading and interpreting the environmental significance of the mapped relief features.

Keywords: Geomorphology. Coastline. Geomorphological cartography. Morphometry. Potential Fragility. Readability.

RESUMEN

Se considera que la lectura de la cartografía geomorfológica hecha por profesionales de otras áreas aún queda por resolverse en las propuestas metodológicas de cartografía del relieve. En este contexto, el objetivo de este trabajo es evaluar las posibilidades y limitaciones del uso de ortofotocartas digitales como base para la presentación de la cartografía geomorfológica de detalle para lectores no expertos, asociando estas ortofotos a esquemas de representación en las bases de datos en SIG. Las cartas geomorfológicas

contienen un gran número de información, esencial para comprender la dinámica del relieve, las cuales están representadas por símbolos y gráficos, lo que a menudo compromete su lectura por otros profesionales. Así se lleva a cabo la representación cartográfica de un sector del municipio de Mongaguá (SP) ambiente costero que se hace necesario planear la expansión urbana. Los resultados obtenidos demuestran que la asociación entre el imagen del terreno, impreso en ortofotocarta digital, con planes de información de modelados y características geomorfológicas pueden ayudar en la lectura e interpretación del significado ambiental de las características del relieve mapeado.

Palabras-clave: Geomorfología. Litoral. Cartografía Geomorfológica. Morfometría. Debilidad Potencial. La Legibilidad.

Informações sobre os autores:

¹Cenira Maria Lupinacci da Cunha - <http://lattes.cnpq.br/2689821323942199>
Geógrafa, Mestre em Geografia e Doutora em Geociências e Meio Ambiente. Docente do curso de graduação e pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Laboratório de Geomorfologia.
Contato: cenira@rc.unesp.br

²Debora Silva Queiroz - <http://lattes.cnpq.br/5854222234849486>
Estudante de graduação em Geografia, bolsista de iniciação científica da FAPESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Laboratório de Geomorfologia.
Contato: deborasilvaqueiroz@yahoo.com.br