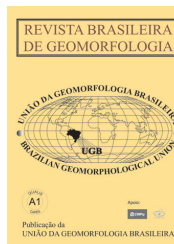


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 13, nº 4 (2012)



A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA COMO SUBSÍDIO PARA A ANÁLISE DO RELEVO ANTROPOGÊNICO EM ÁREA DE MINERAÇÃO

THE BENEFIT OF GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY IN THE ANALYSIS OF ANTHROPOGENIC RELIEF IN THE AREA OF MINING

Letícia Giuliana Paschoal

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – Laboratório de Geomorfologia. Universidade Estadual Paulista. Av. 24-A, 1515 - Bela Vista – CEP: 13506-900 – Rio Claro/SP – e-mail: leticia_giuliana@yahoo.com.br

Cenira Maria Lupinacci Cunha

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – Laboratório de Geomorfologia. Universidade Estadual Paulista. Av. 24-A, 1515 - Bela Vista – CEP: 13506-900 – Rio Claro/SP – e-mail: cenira@rc.unesp.br

Fabiano Tomazini da Conceição

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – Laboratório de Geomorfologia. Universidade Estadual Paulista. Av. 24-A, 1515 - Bela Vista – CEP: 13506-900 – Rio Claro/SP – e-mail: ftomazini@rc.unesp.br

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
22/03/2012

Data de Aprovação:
18/03/2013

Palavras-chave:

Antropogeomorfologia,
mineração, cartografia
geomorfológica.

Keywords:

Antropogeomorphology,
Mining, Geomorphologic
Cartography.

Resumo

Atividades de mineração estão diretamente relacionadas à alteração das paisagens naturais. Com o objetivo de analisar as alterações impostas à dinâmica geomorfológica através da ação antrópica em áreas de mineração de argila, foram selecionados dois fragmentos espaciais da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP, representativos de processos denudacionais e de sedimentação respectivamente. Esta área insere-se no contexto do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes/SP, que além de sua importância como fornecedora de matéria-prima, configura-se como o maior centro de referência internacional em pavimentos cerâmicos do continente americano. Para tanto, o desenvolvimento deste trabalho encontra respaldo na antropogeomorfologia amparada pela teoria geral dos sistemas e recorre a técnicas da cartografia geomorfológica evolutiva. Assim, produziram-se mapeamentos geomorfológicos referentes a três cenários, que datam de 1962, 1988 e 2006, na escala de detalhe de 1:10.000. Estes mapeamentos permitiram inferir uma averiguação detalhada da evolução das alterações ocorridas no relevo e na hidrografia, representativos da geomorfologia original (1962), que apresenta características de uma fase anterior a existência de grandes cavas de mineração; e sua evolução para um estágio geomorfológico antropogênico, representado pelos cenários de perturbação ativa datados de 1988 e 2006. Os dois últimos cenários analisados apresentam alterações nas dimensões das feições do relevo, se comparados com o cenário representativo da geomorfologia

original, além de uma intensa realocação de materiais de superfície e subsuperfície, no qual a ação antrópica ganha destaque por se tornar responsável pelo esculpimento da paisagem por meio da imposição de mecanismos de controle aos processos naturais.

Abstract

Mining activities are directly related to changes in natural landscapes. With the objective of analyzing the changes imposed by the geomorphological dynamics of human action in areas of mining clay, two fragments were selected from the basin of Ribeirão Santa Gertrudes / SP, representing denudational and sedimentation processes respectively. This area is within the context of the Ceramic Pole Santa Gertrudes / SP, which besides its importance as a supplier of raw material, is characterized as the largest center of international reference in ceramic tiles on the American continent. Data was collected and analyzed from the perspective of anthropogenic geomorphology supported by general systems theory and uses techniques from evolutionary geomorphological mapping. Thus, geomorphological mapping were produced concerning three scenarios, which date from 1962, 1988 and 2006 in a scale of 1:10.000. These surveys allowed us to infer a detailed investigation of the evolution of changes in topography and hydrology, geomorphology representative of the original (1962), which has characteristics of an earlier phase of earlier existing large mining pits, and its evolution to a anthropogenic geomorphological stage, represented by active disruption scenarios dating from 1988 and 2006. The last two scenarios have analyzed changes in the dimensions of relief features when compared with the original scenario representative of geomorphology, as well as an intense reallocation of surface and subsurface materials, in which human action is highlighted by becoming responsible for sculpting the landscape through the imposition of control mechanisms to natural processes.

Introdução

O uso de bens minerais acompanha a evolução das civilizações sendo que os minerais não metálicos foram os primeiros a serem utilizados pelo homem (BRASIL, 2007; BRASIL, 2009) e desde então, quantidades cada vez maiores destes recursos são mobilizados a fim de atender suas necessidades socioeconômicas.

No cenário brasileiro, dados referentes ao ano de 2006, retratam que de um total de 2.647 minas, 1.926 localizavam-se nas regiões Sudeste e Sul, sendo esta concentração (72,8%) reflexo do processo histórico de mineração e que influenciou no desenvolvimento industrial do país. As demais minas distribuem-se entre as regiões Nordeste (12,7%), Centro-Oeste (10,1%) e Norte (4,5%) (BRASIL, 2007). De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), ainda com relação a dados do ano de 2006, dos 24 principais bens minerais não metálicos extraídos no país, apenas 4 substâncias são responsáveis por 89,9% do total de minas existentes neste segmento, sendo este total composto por 792 minas de areia, 654 minas de rochas britadas e cascalho, 462 minas de argila e 274 de calcário (BRASIL, 2007).

Estes números refletem a importância destes minerais, que são usados, sobretudo no seguimento da indústria e construção civil. Porém, o consumo destes recursos, motivado pela evolução tecnológica dos sistemas socioeconômicos, torna-se cada vez maior e com frequência extrapola o poder de resiliência dos sistemas ambientais físicos e desencadeia desequilíbrios. Como decorrência deste quadro, o homem tem causado inúmeras transformações nas camadas superficiais e de sub-superfície da crosta terrestre e conseqüentemente na paisagem.

Esta situação foi passível de análise a partir do estudo de caso da bacia hidrográfica do Ribeirão de Santa Gertrudes (Figura 1), situada no interior do estado de São Paulo, na qual o sistema antrópico, por meio do uso da terra, destinado predominantemente a cultivos agrícolas e, posteriormente, atividades minerárias por meio da exploração de argila, impôs novos mecanismos de controle aos sistemas ambientais físicos.

Neste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar as alterações impostas à dinâmica geomorfológica através da ação antrópica em áreas de mineração de argila ao decorrer de 44 anos (1962 – 2006). Assim, foram selecionados dois fragmentos espaciais da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP, representativas de processos denudacionais e de sedimentação respectivamente (Figura 1).

Para tanto, recorreu-se as técnicas da cartografia geomorfológica evolutiva, em cenários relativos aos anos de 1962, 1988 e 2006, na escala de detalhe 1:10.000. A análise das cartas geomorfológicas permitiu inferir a dinâmica do sistema em questão e procura retratar a paisagem e as feições geomorfológicas da área em um cenário de pré-intervenção (1962), anterior à exploração de grandes quantidades de argila, e em cenários representativos de uma fase de perturbação ativa (1988 e 2006).

Caracterização da área

A área total da bacia do Ribeirão Santa Gertrudes é de 27,87 km², estando inserida dentro dos limites do município de Santa Gertrudes/SP. As unidades geológicas que afloram

correspondem às formações Corumbataí e Serra Geral (Figura 1). A Formação Serra Geral é constituída por rochas intrusivas básicas, e a Formação Corumbataí corresponde a siltitos, folhelhos e argilitos com intercalação de camadas carbonáticas e coquinas. Os aluviões estão presentes em alguns trechos que margeiam, principalmente, o baixo curso do Ribeirão Santa Gertrudes, tratando-se de areias e argilas inconsolidadas com granulações variáveis.

O afloramento da Formação Corumbataí na área propicia a exploração da matéria-prima utilizada pelas indústrias cerâmicas do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes/SP, considerado o maior e mais importante Pólo Cerâmico

das Américas, o que torna sua relevância indiscutível para o desenvolvimento socioeconômico da região. Assim, foram selecionados dois setores de análise: o setor A compreende 5,58km² de área situados à montante da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP, no qual as alterações geomorfológicas constatadas são representativas de um intenso processo denudativo vinculados a exploração minerária; já o segundo setor (B) possui 9,17km², e retrata uma área que possui o fundo de vale amplamente alterado diante do acúmulo de sedimentos, provenientes da atividade de mineração realizados à montante e do uso da terra existente nas vertentes voltadas para o seu curso.



Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes no estado de São Paulo, com destaque para as unidades geológicas que afloram em seu interior (ELA, 2008), e os setores de análise representativos dos processos denudacionais (A) e de sedimentação (B). Org.: Paschoal, L. G. (2012).

Método e técnicas

A proposta desse trabalho se fundamenta nos ditames da antropogeomorfologia, que possui seus alicerces na perspectiva sistêmica. Este viés destaca a concepção de que o homem, ao interferir de forma cada vez mais rápida e agressiva na dinâmica dos processos ambientais físicos, passa da simples condição de agente dinamizador dos processos escultoradores do relevo para o de agente geomorfológico independente, capaz de criar novas formas de relevo e interferir nos processos anteriormente estabelecidos, guiado, sobretudo, por necessidades intrínsecas ao sistema socioeconômico em vigência (NIR, 1983).

Duas são as vertentes que contribuíram para a consolidação do entendimento do homem enquanto agente geológico e modelador da Terra (BRITO, 2011). Uma delas inclui trabalhos norte-americanos com fundamentação na obra de Marsh (1864), e a outra, trabalhos desenvolvidos pela Antiga União Soviética, com origem na obra do geólogo Vernadsky (1926).

Os primeiros e escassos trabalhos que servem de alicerce à antropogeomorfologia, por parte da vertente composta por trabalhos norte-americanos, surgem em meados da segunda metade do século XIX e início do século XX, a partir das obras de Marsh (1864) “*Man and nature*” e de Shaller (1905) “*Man and the earth*”. Essas são obras, nas quais a retirada da vegetação

natural e posteriores alterações no uso da terra e consequentes desencadeamentos de processos erosivos eram descritos.

Após essas publicações, a obra intitulada “*Man as a geological agent*” de Sherlock (1922), permaneceu como esforço solitário na tentativa de admitir as influências da atividade humana sobre as formas de relevo da Terra, pois, nesse período o interesse da geomorfologia pautava-se no entendimento das estruturas do relevo, em escala de tempo geológico (BROWN, 1971; NIR, 1983; GOUDIE, 1993; SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Nessa época as discussões geomorfológicas predominantes eram de caráter determinista, concepção que exclui as possibilidades do homem se firmar enquanto agente geomorfológico independente e assegura as características do ambiente físico como determinantes para o comportamento de todos os organismos vivos (DREW, 1989). Conforme relata Sherlock (1922, p.14), apesar de algumas obras da época descrever sobre irrigações, desmatamento de florestas, plantios e o bem-estar da humanidade, essas foram incapazes de considerar os efeitos da ação humana sobre o relevo terrestre. Sherlock (1922) foi o primeiro a relatar o homem como um agente de denudação e transformações mais eficiente do que agentes naturais, principalmente em ambientes densamente povoados.

No outro segmento, conforme cita Brito (2011), fundamentados na obra de Vernadsky (1926), pesquisadores pertencentes a antiga URSS, como Sergeev (1980), Chemekov (1983), Kowalski (1984) e Ter-Stepanian (1988) realizam seus trabalhos tendo o homem como o mais recente agente geológico e que consequentemente promovem alterações geomorfológicas.

Vernadsky (1926) reconheceu o aumento do poder da ação humana como parte da biosfera, e a partir disso criou o conceito de Noosfera, entendida como a esfera do pensamento humano, que viria a integrar o desenvolvimento terrestre em conjunto com a Geosfera e a Biosfera. Essa esfera do pensamento marca o papel crescente desempenhado pela humanidade no desenvolvimento de inteligências e tecnologias na formação de seu futuro e transformação do ambiente (CRUTZEN; STOERMER, 2000).

É apenas a partir da segunda metade do século XX que discussões voltadas às transformações ambientais, econômicas e sociais tornam-se mais evidentes, e vários trabalhos, que concebem o homem e suas atividades como agente geomorfológico, começam a ser publicados e ganham ampla aceitação da comunidade científica (TRICART, 1953; CAILLEUX; TRICART, 1965; BROWN, 1971; NIR, 1983; GOUDIE, 1993; SUERTEGARAY; NUNES, 2001; HAFF, 2001).

Assim, as pesquisas desenvolvidas na temática geomorfológica ganham um enfoque diferenciado, e passam a realizar um maior número de análises sobre os impactos humanos resultantes de intervenções ambientais locais, os quais alteram a dinâmica da paisagem em curta escala de tempo, ou seja, em escala de tempo histórico (GOUDIE, 1993; HAFF, 2001).

A evolução rápida da paisagem quando submetida à ação antrópica, fez com que diversos pesquisadores passassem a considerar o estabelecimento de uma nova era geológica, o Antropoceno (PHILLIPS, 1997; CRUTZEN; STOERMER 2005; ZALASIEWICZ et al., 2008; PRICE et al., 2011). De acordo com essa concepção, a força motriz das mudanças geológicas e geomorfológicas da Terra encontra-se centrada no comportamento humano, particularmente nas esferas econômicas, políticas e refletem na remobilização de grande quantidade de matéria em escala de tempo histórico.

Além da proposta da existência de um novo período geológico, no campo teórico, o estabelecimento das discussões que consideram o homem como o mais poderoso agente individual de esculturação da superfície terrestre consolida diversas terminologias ao se referir sobre o assunto. Golomb e Eder (1967) e Goudie (1986, 1993), referem-se a Antropogeomorfologia, termo similar a Geomorfologia Antrópica (NIR, 1983), Geomorfologia Antropogênica (ROGRIGUES, 1997, 2005), ou ainda a Neogeomorfologia, conforme Haff (2001).

A obra intitulada “Man, A Geomorphological Agent” de Nir (1983), é considerada um marco para as pesquisas que caracterizam o homem enquanto agente geomorfológico independente. Nessa obra, Nir (1983) destaca as diversas

formas de intervenção do homem sobre o relevo em ambientes florestados, rurais, urbanos, de mineração, vias de transporte, entre outros, assim como outros pesquisadores fizeram (TRICART, 1953; GOUDIE, 1986, 1993; DREW, 1989, SZABÓ et al., 2010), porém, NIR (1983) é o primeiro pesquisador a sugerir orientações metodológicas para as pesquisas desenvolvidas nesse âmbito.

Nir (1983) destaca que a análise antropogênica deve ocorrer de forma integrada e contemplar aspectos como: a abordagem histórica, em um período anterior e outro posterior, a intervenção humana sobre as formas do relevo; a análise da dinâmica socioeconômica; e a investigação dos ambientes antropogênicos a partir de estimativas quantitativas de extensão, taxas ou grau dos processos geomorfológicos observados.

Ao integrar aspectos ambientais, socioeconômicos e físicos em sua metodologia, de maneira a contemplar acontecimentos ocorridos em um período de tempo histórico, Nir (1983) torna possível a realização de estudos inseridos na análise sistêmica.

Rodrigues (1997, 2001, 2004, 2005), apresenta uma adaptação da proposta de Nir (1983) aplicada ao cenário brasileiro. Nela, procura identificar as características do meio físico e seus diversos estágios de intervenção antrópica: pré-perturbação, perturbação ativa e pós-perturbação. Este tipo de abordagem geomorfológica, que envolve o estudo das características dos sistemas ambientais físicos e as do sistema socioeconômico, em diversos cenários, possibilita, de acordo com Rodrigues (2001), entender as influências antropogênicas sobre os fenômenos naturais, que resultam em um estado derivado do sistema original, configurando-se essa transformação como foco de análise desta pesquisa. Assim, recorreu-se à técnica da cartografia geomorfológica evolutiva para representar as alterações morfo-hidrográficas ocorridas em setores representativos de processos denudativos e de acúmulo de sedimentos na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP.

Cartografia geomorfológica evolutiva

As cartas geomorfológicas de detalhe fornecem subsídios para uma análise minuciosa de todos os elementos que compõem o relevo, sejam esses naturais ou derivados da ação antrópica. As informações geradas pelo mapeamento geomorfológico do ano de 1962 referem-se a um quadro com pouca intervenção em relação às atividades de mineração, no qual é possível identificar a geomorfologia mais próxima à original da área. Porém, este cenário já apresenta alterações em sua geomorfologia devido ao uso da terra vinculado às atividades agrícolas. A fase de perturbação ativa, representada pelos cenários de 1988 e 2006, retrata modificações expressivas e que implicam em alteração nas dimensões de elementos passíveis de serem mensurados, permitindo configurá-lo como representativo da geomorfologia antropogênica.

A elaboração do mapeamento geomorfológico da área de estudo seguiu a proposta de Tricart (1965), a qual afirma que este tipo de mapeamento deve comportar quatro tipos de informações de naturezas diferentes, a saber: morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia. Os dados morfométricos representam valores quantitativos e foram compilados da base cartográfica e representados por meio das curvas de nível e cotas altimétricas. As informações morfográficas foram obtidas a partir da interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas dos anos de 1962, 1988 e 2006, possuindo a finalidade de representar diferentes feições topográficas. Os elementos relacionados à morfogênese encontram-se associados aos símbolos utilizados na morfografia, que além das formas indicam o agente responsável por sua origem. Informações referentes à cronologia são parciais, sendo representadas por meio dos dados que compõem a carta geológica e se remetem ao período em que se formaram as

rochas que dão sustentação ao relevo. As informações referentes à cronologia e dados litológicos foram indicadas em separado (Figura 1), diante da necessidade de propiciar maior legibilidade às simbologias utilizadas nas cartas geomorfológicas.

As simbologias que compõem a legenda (Figura 2) se pautaram principalmente na adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstappen e Zuidan (1975) e foram distribuídas entre quatro classes. Com relação à utilização de símbolos para a representação das feições antrópicas na área, recorreu-se a outras fontes como CNRS (1971), Simon (2007), Simon e Cunha (2008) e Paschoal et. al (2010). A seleção de simbologias utilizadas por diferentes pesquisadores encontra respaldo nas considerações sobre o mapeamento geomorfológico de Cunha (2001), e possui o propósito de facilitar a legibilidade das feições geomorfológicas mapeadas e assim contribuir com a análise ambiental.

DADOS ESTRUTURAIS	Falha inferida	+	+	+	+	+	+	
FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS	Vertente	Côncava		AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Modelado de entalhe	Ruptura topográfica	Suave	
		Convexa				Íngreme		
		Retilínea				Em V		
			Fundo de vale			Fundo plano		
	Linha de cumeada	Suave	----		MODELADO ANTRÓPICO	Mineração	Ativa	
		Íngreme	-x-x-x-				Desativa	
	Formas localizadas	Colo topográfico				Colina residual derivada de atividade minerária	Suave	
		Sulco					Abrupta	
		Voçoroca				Patamares em cava de mineração	Suave	
	Feições topográficas e morfométricas	Caimento topográfico					Abrupto	
		Curva de nível				Terraço agrícola / Curvas de nível		
		Ponto cotado	*700			Aterro para vias de circulação		
AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES	Feições hidrográficas	Canal Fluvial		Corte para vias de circulação				
		Canal Pluvial		Conduto				
	Formas de acumulação	Área de acumulação fluvial		Cavas de mineração abaixo do nível do lençol freático				
			Canal Fluvial sob interferência antrópica					

Figura 2 – Legenda que compõem a carta geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes. Org.: Paschoal, L. G. (2010).

Resultados e discussões

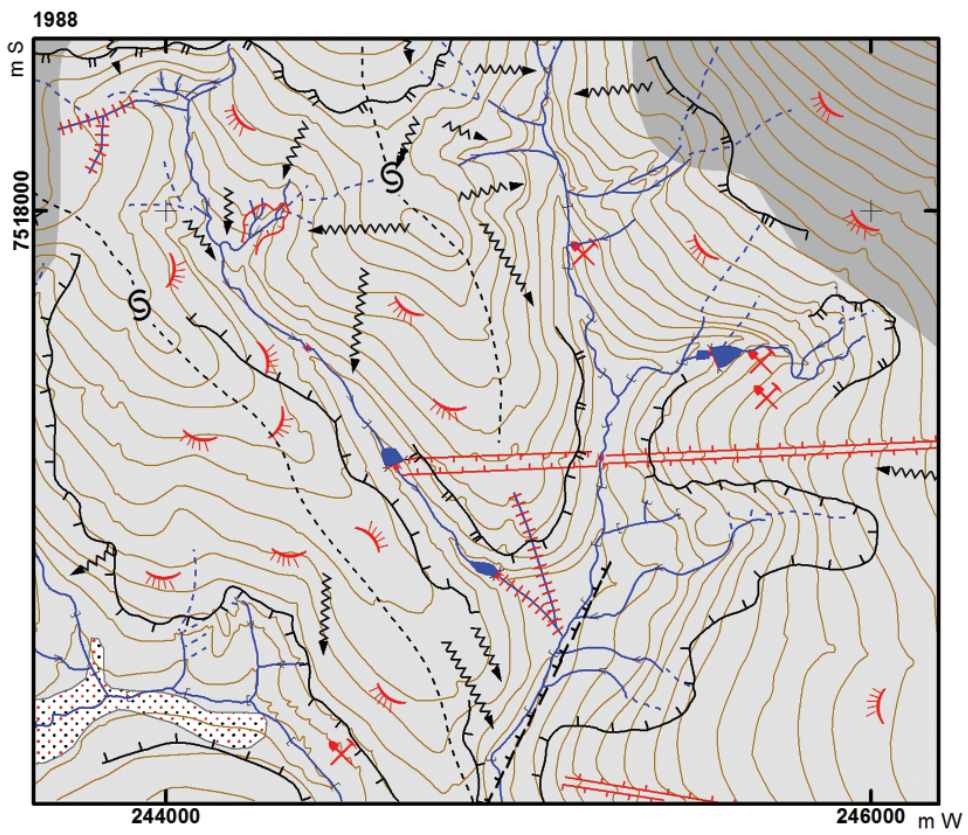
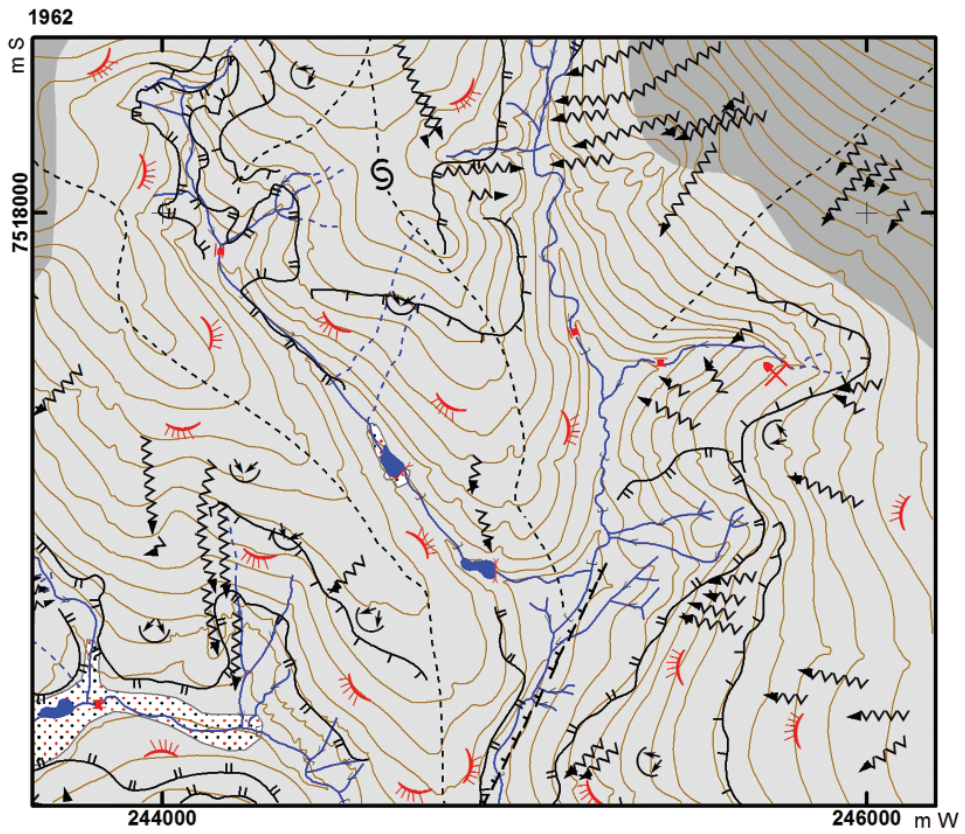
O crescimento de atividades vinculadas à exploração da argila e as destinadas à agricultura, sobretudo à cultura da cana-de-açúcar, alterou consideravelmente as características geomorfológicas entre os cenários de 1962, 1988 e 2006 dos setores selecionados para análise na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP. Assim, os diferentes usos da terra desencadearam desequilíbrios nos sistemas ambientais físicos da área, como é o caso da dinamização dos processos erosivos, de transporte e deposição de sedimentos dentro do sistema em questão.

As informações do ano de 1962 referem-se a um quadro de pré-intervenção, no qual é possível identificar as formas de relevo mais aproximadas do cenário original da área. A adoção deste termo para o cenário de 1962 encontra respaldo nas orientações de Rodrigues (2005, p. 103), que a considera

como “[...] morfologia cujos atributos como extensão, declividades, rupturas e mudanças de declives, dentre outros, não sofreram alterações significativas por intervenção antrópica direta ou indireta”. Os cenários de 1988 e 2006 retratam uma fase de perturbação ativa e revelam características contrárias às anteriormente citadas, o que permite configurar alguns setores da bacia como representativos da geomorfologia antropogênica, a seguir discutidos.

Setor com predomínio de processos denudativos vinculados à extração minerária

O setor de análise que apresenta uma área intensamente afetada por processos denudativos situa-se na porção montante da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP (Figura 3).



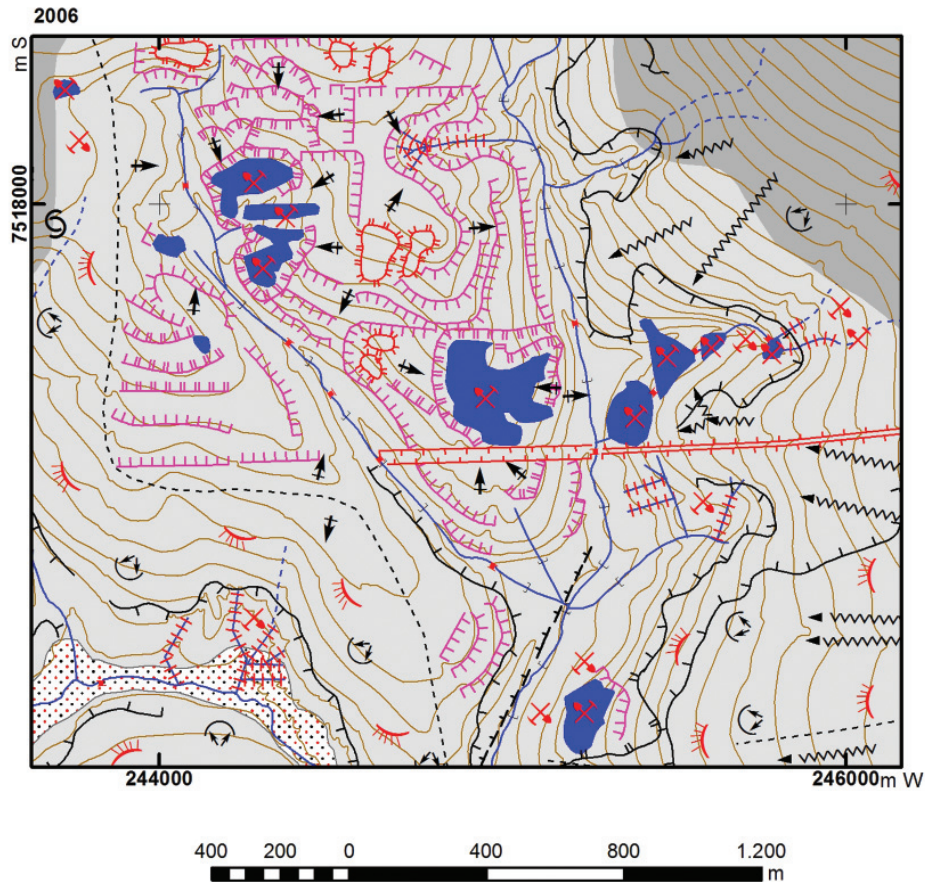


Figura 3 – Evolução das feições geomorfológicas em cenário de pré-intervenção (1962) e perturbação-ativa (1988 e 2006) no setor A da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, caracterizado pela grande exploração minerária da argila. A legenda referente às cartas geomorfológicas encontra-se na Figura 2. Fonte: Org. Paschoal, L. G. (2012).

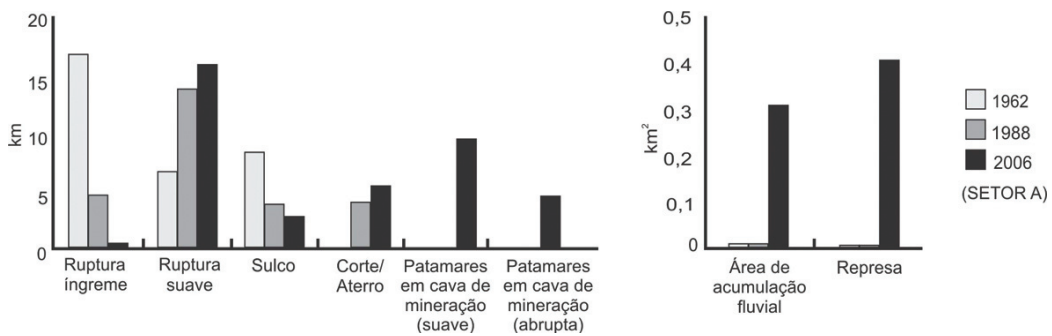


Figura 4 – Evolução de elementos geomorfológicos representativos de processos erosivos e deposicionais em cenário de pré-intervenção (1962) e perturbação-ativa (2006) no setor A da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes. Fonte: Org. Paschoal, L. G. (2012).

Os dados obtidos a partir do mapeamento geomorfológico de detalhe, realizados para diferentes décadas, da área pesquisada, e explicitadas no gráfico da figura 4, comprovam, a partir de uma análise comparativa, as alterações de cunho antrópico as quais a área do setor A foi submetida.

As rupturas topográficas marcam a evolução da vertente, ou seja, evidenciam que ao longo desta há um processo erosivo diferenciado. Estas rupturas são feições que podem ter sua origem em fatores naturais, tais como em regiões onde há contato entre diferentes materiais que compõe a litologia.

Porém, fatores antrópicos, atrelados ao tipo de uso da terra, também são responsáveis pela dinamização deste processo, fazendo surgir novas rupturas ou descaracterizando outras mais antigas. Assim, foi possível constatar que apesar da somatória das extensões lineares das rupturas topográficas íngremes e suaves apresentarem declínio moderado entre os anos de 1962 (24,11km) e 1988 (17,81km), e ter se mantido praticamente constante entre 1988 e 2006 (17,19km), ocorreu uma inversão no tipo de predomínio de rupturas existentes na área.

No cenário de 1962, a maior parte das rupturas topográficas na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes era considerada como íngreme, com um total de 17,11km, possuindo as rupturas topográficas suaves uma extensão de 7km (Figura 4). No cenário de 1988 esta situação se inverte, sendo que 13,73km de extensão são relacionados às rupturas topográficas suaves e apenas 4,08 km às rupturas topográficas abruptas (Figura 4). Essa tendência de suavização das rupturas se mantém, e apresenta no cenário de 2006, 16,61km de rupturas suaves e apenas 0,58km de rupturas íngremes. De acordo com estudos realizados na área por Paschoal (2011), em 1962, as rupturas topográficas abruptas ocorriam com grande frequência entre os locais de contato da silvicultura e/ou cana-de-açúcar com os pastos sujos ou limpos, e nos anos de 1988 e 2006, as rupturas topográficas nesta bacia apresentam-se mais suavizadas, devido à expansão e emprego de técnicas agrícolas mais modernas nas áreas de cultivos de cana-de-açúcar, tais como: plantações em curva de nível e terraceamento. Este fato evidencia que a morfologia das vertentes tem se alterado de acordo com o tipo de uso da terra e de técnicas de manejo aplicadas às mesmas.

A terceira forma indicativa de processos erosivos a ser considerada no setor A da bacia do Ribeirão Santa Gertrudes, constitui-se na extensão dos sulcos erosivos. Os cenários de 1962, 1988 e 2006 apresentam amplo recuo na extensão das áreas ocupadas por esta feição, passando de 8,47km para 3,39 km e 2,69km, respectivamente (Figura 4). Essa diminuição na extensão dos sulcos também se relaciona ao aumento de parcelas de uso da terra atrelada ao cultivo da cana-de-açúcar (PASCHOAL, 2011), que diante do uso intenso de maquinários agrícolas em diferentes fases de sua produção, como no preparo do solo e estabelecimento das curvas de nível e terraceamento, ou até mesmo na fase de coleta, quando caminhões transitam pelo terreno, reorganizando as camadas superficiais do solo, acabam por mascar grande parte dos processos erosivos lineares sobre as vertentes. Contudo, esses fatos não inibem totalmente sua atuação, conforme é possível observar por meio da análise dos cenários expostos na Figura 4.

Os patamares em cavas de mineração, tanto suaves (9,39km) quanto abruptos (4,77km), são apenas identificados no cenário de 2006 (Figura 4), fruto da ação antrópica que explorou grandes quantidades de matéria-prima e que caracterizou um extenso interflúvio existente no setor A da

bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (Figura 3). Neste caso, é importante salientar a predominância dos símbolos geomorfológicos sobre os valores das curvas de nível e pontos cotados, para uma leitura correta da carta em questão. Esse fato comprova que as alterações já atingiram o nível de desenvolvimento de uma geomorfologia antropogênica na área. Nota-se também que os patamares gerados nas cavas de mineração e que possuem ruptura suave foram realizados de acordo com a orientação das curvas de nível. Enquanto os patamares em cava de mineração classificados como abruptos ocorrem no entorno das grandes cavas de mineração.

É possível comprovar também, por meio dos mapeamentos geomorfológicos (Figura 3), que as atividades minerárias ocorreram predominantemente junto às nascentes e em muitos casos no próprio leito dos rios, alterando o seu curso e provocando o surgimento de lagoas. Esse fato encontra-se em desacordo com o Código Florestal (Lei 4.771 de 15/09/1965), alterada em 1986 pela Lei n.7.511/86 e as normas do CONAMA 303 (de 20/03/2002), que especificam como Área de Preservação Permanente a faixa marginal de trinta metros, ao longo dos canais d'água com menos de dez metros de largura, e ao redor de nascentes ou olhos d'água, ainda que intermitentes com raio mínimo de cinquenta metros (BRASIL, 1965; 2008).

Outra questão relacionada à interferência antrópica sobre a hidrografia no setor, relaciona-se ao fato de extensas parcelas de lavras na área terem atingido e passado a ocorrer abaixo do nível do lençol freático. As escavações com finalidade de exploração de bens minerais abaixo do nível do lençol freático encontram aparato na lei. De acordo com o Capítulo IV, Artigo 59 do Código de Mineração (Lei 9.314/96), “ficam sujeitas a servidões de solo e subsolo, para fins de pesquisa ou lavra, não só a propriedade onde se localiza a jazida, assim como as limítrofes”, tendo sido instituído servidão para “captação e adução de água necessária aos serviços de mineração e ao pessoal” (BRASIL, 1967). Desta maneira, as áreas mineradas de argila na bacia do Ribeirão Santa Gertrudes e toda a região, frequentemente atingem e ultrapassam este nível. Durante a fase de exploração, essa água é bombeada e transportada para o leito à jusante do mesmo rio ou para canais fluviais não pertencentes à mesma bacia hidrográfica ao qual se encontra o empreendimento minerário, e após a fase de desativação destas minas e da paralisação do bombeamento dessas águas, ocorre a formação de vários lagos artificiais. Assim, pode-se constatar que houve um aumento significativo vinculado à área de represas originadas em antigas cavas de mineração no cenário de 2006 se comparado com os anteriores (Figura 3), variando de 0,01km² nos anos de 1962 e 1988, para ocupar 0,41km² em 2006.

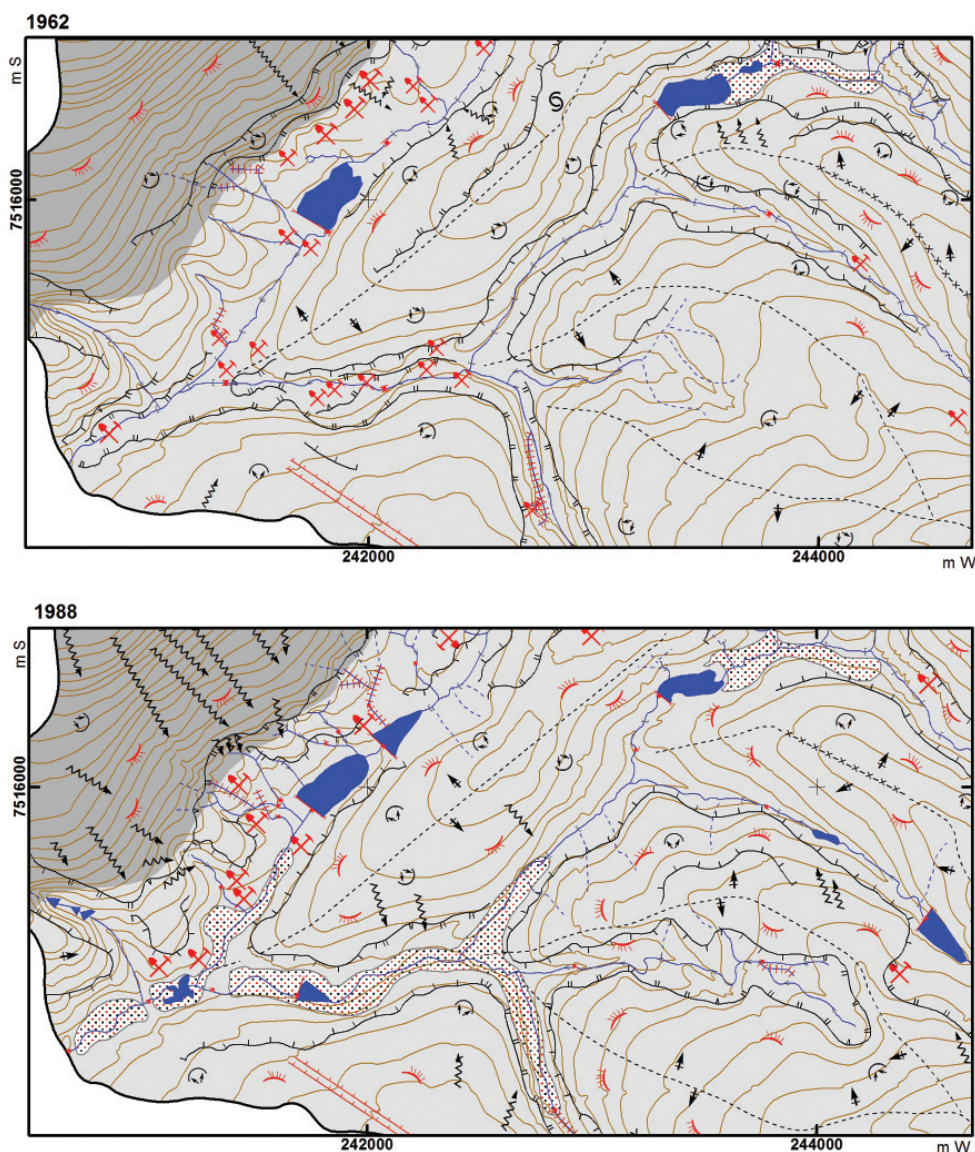
Ainda vinculado à mineração da argila, novas feições do relevo se originam e encontram-se relacionadas aos patamares gerados em suas cavas, que se constituem em verdadeiras

vertentes verticalizadas ou sub-verticais, além de locais onde há deposição de argila ou material estéril, os quais acabam por promover fortes alterações nas cotas topográficas da área. Consequentemente, o direcionamento de escoamento das águas superficiais é alterado, promovendo uma modificação no comportamento de determinados setores do relevo que podem apresentar domínio da ação erosiva ao invés da ação sedimentar e vice-versa. Porém, apesar de apresentar processos denudativos predominantes, em função das alterações ocorridas nos sistemas ambientais físicos do setor A, é possível constatar também um acréscimo na área de acúmulo de sedimentos fluviais em alguns locais de fundo de vale (Figura 3), que passa a ocupar uma área de 0,32km², face aos 0,09km² ocupados entre

os anos de 1962 e 1988 (Figura 4). O material é realocado de setores situados à montante, onde existem amplas áreas de minerações e das vertentes voltadas para este canal fluvial que possuem o uso da terra predominantemente voltado para o cultivo da cana-de-açúcar.

Setor com predomínio de processos deposicionais

O setor de análise B (Figura 5) é caracterizado por uma intensa deposição de sedimentos na área de fundo de vale, provenientes da remobilização de materiais situados à montante, transportados pelos canais fluviais e do uso da terra existente nas vertentes voltadas para o seu curso.



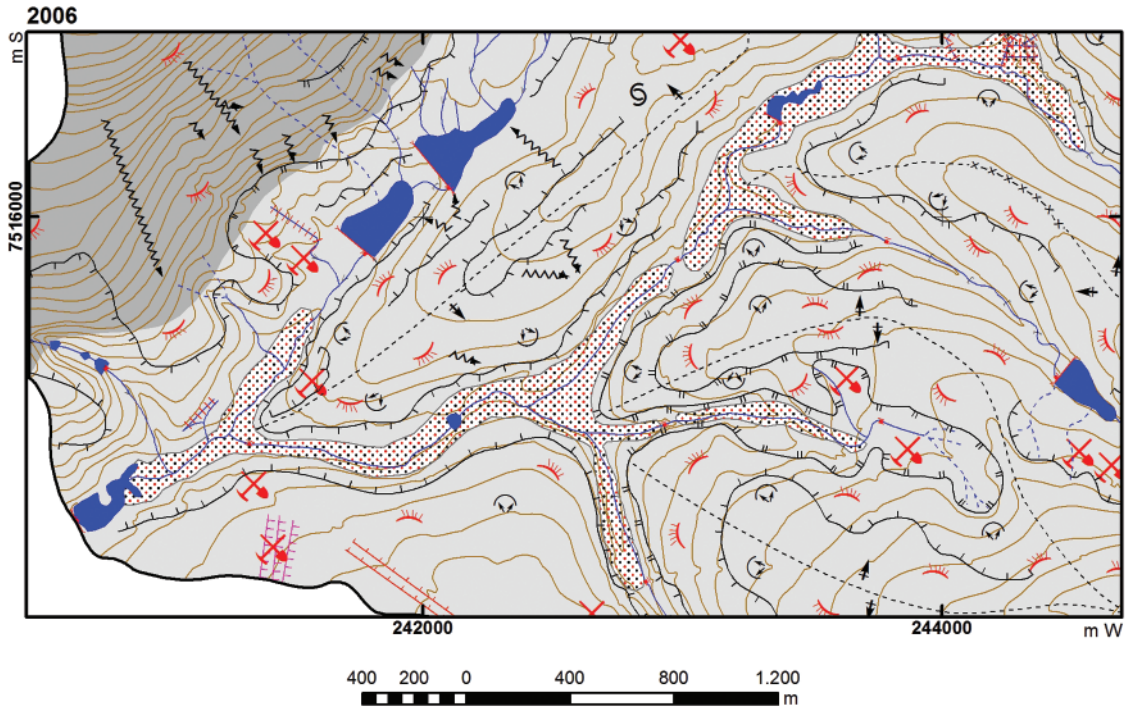


Figura 5 – Evolução das feições geomorfológicas em cenário de pré-intervenção (1962) e perturbação-ativa (1988 e 2006) no setor B da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, caracterizado pela expansão da área de acúmulo fluvial no fundo de vale. A legenda referente às cartas geomorfológicas encontra-se na Figura 2. Fonte: Org. Paschoal, L. G. (2012).

Este setor de análise, embora possua como característica predominante processos deposicionais, apresenta também processos denudativos conforme explicitados na figura 6.

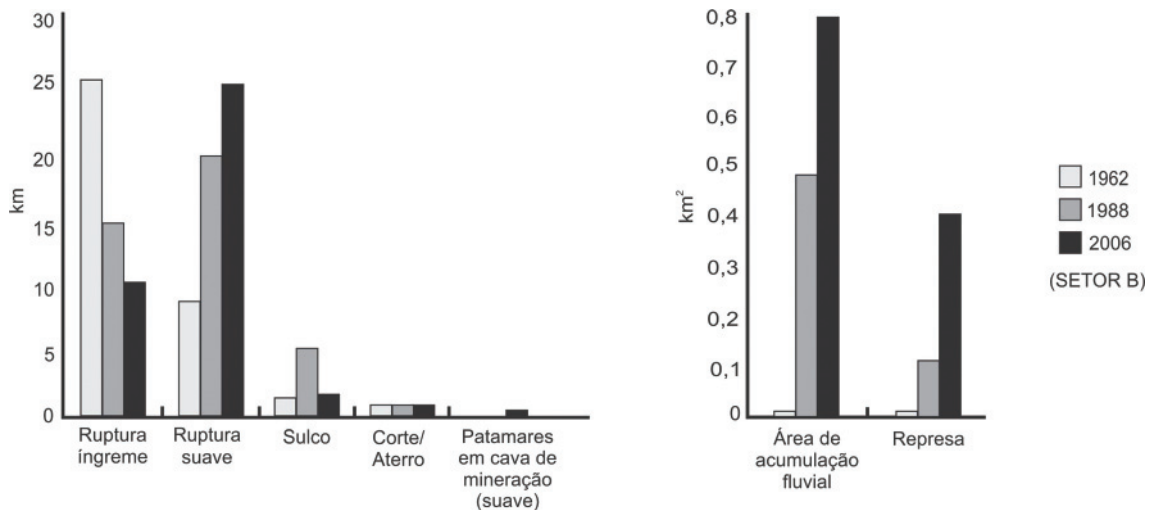


Figura 6 – Evolução de elementos geomorfológicos representativos de processos erosivos e deposicionais em cenário de pré-intervenção (1962) e perturbação-ativa (1988 e 2006) no setor B da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes. Fonte: Org. Paschoal, L. G. (2012).

Seguindo a tendência discutida no setor A, é possível notar que no Setor B, ocorre um declínio nas extensões das rupturas topográficas íngremes que passam de 25,80km em 1962, para 15,83km em 1988 e 11,24km em 2006, e um aumento nas extensões das rupturas topográficas suaves que passou de 9,47km, para 21,53km e 25,49km nos respectivos anos de 1962, 1988 e 2006. Esse fato é atribuído ao emprego de novas técnicas de manejo do solo, como a instauração de curvas de nível e terraceamento para o posterior plantio de diversas culturas.

Os valores referentes à extensão dos sulcos apresentam uma pequena oscilação, aumentando de 1,86 km em 1962, para 5,52km em 1988 e diminuindo sua extensão para 2,11km em 2006. Este aumento considerável na extensão dos sulcos entre 1962 e 1988, encontra justificativa no fato de grande parte do uso da terra nesta área ter sido destinada ao plantio da cana-de-açúcar, estimulado após a crise do petróleo em 1973, e fomentada pela campanha do Governo Federal, conhecida como Pró-álcool ou Programa Nacional do Álcool, instituído pelo Decreto n.76.593 em 14 de Novembro de 1975. O declínio deste valor no ano de 2006 encontra-se atrelado ao uso de novas técnicas de manejo, como é o caso das curvas de nível.

A extensão de cortes e aterros no setor B permaneceu estável, na ordem de 0,97km no decorrer dos cenários analisados e identifica-se no cenário de 2006, 0,74km de patamares em cava de mineração suave. Ambas as feições contribuem para que haja uma readaptação do escoamento superficial das águas por novos caminhos preferenciais, que a depender das características litológicas, pedológicas e de declividade podem contribuir para a dinamização de processos erosivos na área.

A atividade minerária no setor B (Figura 5 e 6) também acarretou no aumento da área ocupada por reservatórios artificiais, localizados sobre antigas cavas de mineração que ocorreram abaixo do nível do lençol freático. Assim, a área de 0,08km² ocupada por essa categoria no ano de 1962, passou para 0,13 km² em 1988 e 0,40km² no ano de 2006.

Porém, a categoria que mais se destaca e que justifica a escolha do setor de análise B (Figura 5 e 6), é a área de acumulação fluvial, que demonstrou crescimento expressivo de 0,08 km², para 0,48km² e 0,79km², entre os cenários de 1962, 1988 e 2006 respectivamente.

No ano de 1962, o acúmulo de sedimentos nos fundos de vale possivelmente relaciona-se a um fenômeno natural que ocorre em áreas restritas e em escala de tempo geológico, vinculando-se à busca pelo perfil de equilíbrio da drenagem. O aumento da área de acumulação de sedimentos na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes caracterizou-se

devido às grandes quantidades de sedimentos depositados nos fundos de vale, principalmente no baixo e médio curso do Ribeirão Santa Gertrudes, proveniente da exploração das minas de argila e da erosão laminar devido ao uso da terra. Este fato evidencia uma brusca interferência de ações realizadas pelo homem no sistema em questão e que tem dado origem a novas formas no relevo e realocado grande quantidade de matéria, passíveis de serem mapeadas em escala de tempo histórica.

A análise do mapeamento do cenário de 1962 (Figura 5) permite identificar uma pequena área de acúmulo de sedimentos, situados a montante de um reservatório artificial, que agiu como barreira para o transporte destes sedimentos até a foz do rio.

Em 1988, nota-se um aumento considerável desta área de acúmulo de sedimentos em área fluvial, sobretudo próximo ao exutório, o que denota que os processos denudativos dentro da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes foram dinamizados de maneira considerável, principalmente pela atividade mineradora ocorridas nas margens do curso fluvial e à sua montante. Já o cenário 2006 possibilita averiguar que a dinamização dos processos erosivos e de transporte de sedimentos da montante em direção à jusante continuaram a ocorrer de maneira expressiva, o que resultou em alterações no curso dos canais fluviais e no assoreamento de parte dos reservatórios artificiais.

Considerações finais

Os processos geomorfológicos atuais operantes na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes encontram-se relacionados ao processo histórico de uso da terra pelo qual passou este ambiente e que deixam marcas na paisagem, sobretudo às vinculadas a atividade minerária.

A análise dos mapeamentos geomorfológicos, realizados para os anos de 1962, 1988 e 2006, permitiu inferir que, ao desenvolver novas técnicas, o homem intensifica sua intervenção sobre os aspectos ambientais físicos e promove expressivas modificações sobre a superfície e de sub-superfície terrestre. Essas transformações implicam em alteração nas dimensões de elementos passíveis de serem mensurados, como nas rupturas topográficas, sulcos, aumento na área de acumulação fluvial, surgimento de represas, cortes, aterros e patamares em cava de mineração.

Desta maneira, por meio do mapeamento geomorfológico evolutivo de detalhe aplicado a setores específicos da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes, representativos do predomínio de processos denudativos e deposicionais, denominados setores A e B respectivamente, denotam que as alterações ocorridas já atingiram o nível de desenvolvimento de uma geomorfologia antropogênica nestas áreas vinculadas à mineração de argila.

Referências bibliográficas

- BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Código de Mineração**. Decreto Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: < http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/cm_00.php>. Acesso em: 16 Mar. 2012.
- BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Economia Mineral do Brasil**. Org. RODRIGUES, A. F. da S. Brasília-DF: DNPM, 2009, 764 p.
- BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Universo da mineração Brasileira**. Org. NEVES, C. A. R.; SILVA, L. R. Brasília-DF: DNPM, 2007, 80 p.
- BRASIL. **Institui o Novo Código Florestal**. LEI Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm>. Acesso em: 16 Mar. 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama**: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008. 2. ed. Brasília: CONAMA, 2008, 928 p. Disponível em: < http://www.ciesp.com.br/ciesp/conteudo/resolucoes_conama.pdf> Acesso em: 15 de Jan. 2012.
- BRITO G. S.; **Alterações ambientais decorrentes da presença de depósitos tecnogênicos na bacia hidrográfica do Ribeirão Anicuns em Goiânia, GO**. 2011, 140f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.
- BROWN, E. H. O Homem modela a terra. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v. 30, n. 222, p. 3-18, Maio/Jun. 1971.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. O problema de classificação dos fatos geomorfológicos. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v.24, n.188, 1965, p. 643-709.
- CHEMEKOV, Y. F. Technogenic deposits. In: **INQUA CONGRESS**, 11. , 1983, Moscow. Abstract... 62 p.
- CNRS. **Legende pour la carte geomorphologique de la France au 1:50.000**, 1971. França: Centre National de la Recherche Scientifique, 66 p. Traduzido e adaptado para o espanhol por Seratt, et al. 1976.
- CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The “Anthropocene”. In: **IGBP News Letter**, n. 41, 2000, p.17 e 18.
- CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.
- DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. Trad. SANTOS, J. A. do. Rio de Janeiro: Bertrand, 2. ed. 1989.
- EIA/RIMA Complexo Argileiro de Santa Gertrudes. **ASPACER** – Associação Paulista das cerâmicas de revestimento, 2008.
- GOLOMB, B.; EDER, H. M. Landforms made by man. **Landscape**, n. 14, p. 4-7, 1964.
- GOUDIE, A. Human influence in geomorphology. **Geomorphology**, v. 7, 1993, p. 37 – 59.
- _____. **The human impact on the natural environment**. Cambridge: The MIT Press, 1986, 338 p.
- HAFF , P. K. **Neogeomorphology, prediction, and the anthropic landscape**. Durham: Division of Earth and Ocean Sciences, Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Duke University, 2001, p. 1 – 22. Disponível em <http://people.duke.edu/~haff/geomorph_abs/neogeomorph%20paper/neogeomorphology.pdf> Acesso em 01 Nov. 2012.
- KOWALSKI, W. C. History of changes of geological environment under the influence of the activity of mankind. In: **International Geological Congress**, 27., 1984, Moscow. Abstracts... Moscow: VNU Science Press, v. 17, p.51-67.
- MARSH, G. P. **Man and nature: physical geography as modified by human action**. New York: Charles Scribner, 1864. 580 p.
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent**. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983.
- PASCHOAL, L. G. **Dinâmica do uso e ocupação da terra em área de mineração de argila: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP**. 2010, 90 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011, 90 p.
- PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: Uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA**, 8., 2010b, Recife. **Anais...** Recife: 2010, 13 p.
- PHILLIPS, J. D. Humans a geological agents and the question of escale. **American Journal of Science**, v. 297, Jan. 1997, p. 98-115.
- PRICE, S. J.; FORD, J. R.; COOPER, A. H.; NEAL, C. Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London A**, n. 369, v. 1938, 2011, p. 1056-1084.
- RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos Geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH, USP, São Paulo, n. 14, p. 69 – 77, 2001.
- _____. A urbanização da Metrópole sob a perspectiva da geomorfologia. In CARLOS, A.F. e OLIVEIRA, A.U. **Geografias de São Paulo**. São Paulo, Contexto, v. 1, 2004, p. 89-114.
- _____. **Geomorfologia aplicada ao planejamento físico territorial brasileiro**. Tese (Doutorado em Geografia Física). FFLCH, USP, São Paulo, 1997.

- _____. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de Planejamento Urbano: exemplo da metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, Presidente Prudente, v. 17, p. 101-111, 2005.
- SERGEEV, Ye. M. Engineering Geology and protection of the environment. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. Krefeld, 1980. v. 22, p. 75-78.
- SHALLER, N. S. **Man and the Earth**. New York: Duffield & Co, 1905. 240 p.
- SHERLOCK, R. L. **Man as a geological agent**: an account of his action on inanimate nature. London: High Holborn, 1922. 404 p.
- SIMON, A. L. H. **A dinâmica de uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS)**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.
- SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Alterações geomorfológicas derivadas da intervenção de atividades antrópicas: análise temporal na Bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n.2, p. 29-38, 2008.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da geografia física na geografia. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, 2 sem. 2001.
- SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. In: SZABÓ, J.; LÓRANT, D.; LÓCZY, D. **Anthropogenic Geomorphology**: a guide to man made landforms. London: Springer, 2010. 260 p.
- TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Tecnogene. **Bulletin I. A. E. G.**, v. 38, 1988, p. 133-142.
- TRICART, J. La Geomorphologie et les hommes. **Rev. Geom. Dynamique**. v. 4, 1953, p. 154-156.
- _____. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.
- VERNADSKY, V. I. **The biosphere**. New York: Springer-Verlag, Transl. D. B. Longmuir. Copernicus, 1998 (1926). 192 p.
- VERSTAPPEN, H. T.; ZUIDAN, R. A. van. **ITC System of geomorphological survey**. Manual ITC Textbook, Netherlands: Enschede, 1975, v. 1.
- ZALASIEWICZ, B. J.; WILLIAMS M.; HAYWOODA.; ELLIS M. Are we now living in the Anthropocene? **Philosophical Transactions of the Royal Society of London A**, v. 369, n. 1938, 2011, p. 835-841.