

PRESSÕES HUMANAS E IMPACTOS NA DINÂMICA EROSIVO-DEPOSICIONAL DO ALTO RIO DAS VELHAS: análise comparativa entre as bacias do rio Maracujá e ribeirão do Mango

Amanda Almeida Raposo¹; Luiz Fernando de Paula Barros² & Antônio Pereira Magalhães Júnior³

RESUMO --- As sub-bacias do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango são contíguas e se situam na porção sul do alto Rio das Velhas, em parte coincidente com o Quadrilátero Ferrífero. O presente trabalho tem como objetivo geral comparar a dinâmica erosivo-deposicional das bacias do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango. A partir de níveis e seqüências deposicionais fluviais são observadas alterações na dinâmica hidrossedimentar durante o cenozóico, algumas possivelmente em razão de usos e atividades humanas. Correlacionando-se taxas de turbidez com dados de uso e ocupação do solo, busca-se identificar pressões humanas e seus impactos na erosão acelerada e assoreamento das calhas fluviais. Os resultados mostram uma gradual redução da carga de finos e um aumento de carga arenosa nos depósitos atuais. Entretanto, enquanto no Rio Maracujá o grande aporte sedimentar moderno é atribuído principalmente ao intenso voçorocamento no embasamento, além do uso incorreto do solo, no Ribeirão do Mango o expressivo aporte de sedimentos se deve aos voçorocamentos nas áreas do Super Grupo Minas. Destaca-se também na bacia do Mango o processo de encouraçamento da calha pelo nível basal de seixos do Terraço Intermediário Inferior, freando a dinâmica de encaixamento e reduzindo a capacidade de transporte de sedimentos.

ABSTRACT --- This study aims to compare the erosive-depositional dynamic of Maracujá River and Mango river basins during Cenozoic period. From depositional sequences is possible to observe changes on erosive-depositional pattern of the basins, and some of them are, possible, caused by human's activities and uses. Comparing turbidity rates of the basins with data from the physical-structural framework and of the use and also occupation of land with the intention of identify human pressures and impacts, especially in accelerated erosion and siltation of river channels. The results indicate a increase of sandy sediment load in the bed of rivers. This load is largely due to gully erosion in both basins which are often enhanced by the inadequate use of soil. However, while in the basin of the Maracujá River, gullies are located at friable rocks of Bação Complex, in the basin of the Mango river they are more common on the Minas Supergroup, in the high basin. The Mango is also distinguished in its recent dynamic in which, due to processes of bed armoring by the level of basal gravel of Terrace Lower Intermediate, turning harder plug the channel and reducing the capacity of the river, led by a new level in some depositional 20 years.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial; alto rio das Velhas; impactos ambientais.

1) Aluna da graduação em Geografia/Bacharelado pela UFMG. E-mail amandaraposo13@yahoo.com.br

2) Aluno da graduação em Geografia/Bacharelado pela UFMG. E-mail luizfernando71@yahoo.com.br

3) Prof. adjunto do Dep. de Geografia do IGC/UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627, 31270-901 Belo Horizonte. E-mail magalhaesufmg@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Os cursos fluviais são sistemas reconhecidamente frágeis, nos quais qualquer interferência humana, direta ou indireta, pode acarretar impactos de difícil controle e reversão (TOMMASI, 1994). Diversas são as atividades humanas capazes de interferir nos ambientes fluviais, o que se verifica na alteração de parâmetros da qualidade das águas, sejam eles físicos, químicos ou biológicos. Toda atividade humana se constitui numa pressão sobre o ambiente, podendo alterar direta ou indiretamente o regime hidrológico em uma bacia hidrográfica, o que pode levar a alterações de seu padrão fluvial, por exemplo. Esse tipo de alteração pode ser considerado um impacto ambiental, ou seja, uma alteração da qualidade ambiental resultante de uma pressão humana no ambiente (SÁNCHEZ, 2008).

Os impactos de atividade antrópicas nos ambientes fluviais podem ser percebidos a partir da alteração da morfologia fluvial, das características das seqüências estratigráficas deposicionais (como terraços fluviais, nível de várzea e barras de canal), além da variabilidade das vazões e de parâmetros físico-químicos das águas. O estudo dos depósitos sedimentares fluviais pretéritos e atuais, orientado sob a ótica das características dos pacotes sedimentares e de fácies, pode revelar a influência de eventos naturais episódicos e possíveis impactos antrópicos no ambiente (MAGALHÃES Jr., 1994).

A maior parte dos estudos de investigação de registros deposicionais fluviais se vale da identificação e caracterização de seqüências estratigráficas aluviais presentes em níveis de terraços e de várzea. A literatura aponta diferentes tipologias de níveis de terraços - escalonados, embutidos e de recobrimento - bem como condições para a sua formação (CHRISTOFOLETTI, 1974; SUGUIO ET AL., 1980; PETTS & FOSTER, 1985). O Quadrilátero Ferrífero é marcado pela presença de cursos d'água em áreas de relevo movimentado, cujas características morfológicas e hidrológicas refletem o forte condicionamento estrutural, geológico e geomorfológico. Os estudos sobre a geomorfologia fluvial da região (LANA, 2004; MAGALHÃES JR. & SAADI, 1994; SANTOS, 2008; MAGALHÃES JR. *et al*, 2008) demonstram a relevância da atividade tectônica, associada ao clima quente e úmido, na remoção dos registros deposicionais mais antigos, o que favorece uma maior concentração dos níveis atuais nos baixos vales, acompanhando os cursos atuais.

Por outro lado, a interpretação da dinâmica fluvial moderna de uma bacia possibilita elencar soluções para os desequilíbrios ambientais, tais como os processos erosivos acelerados (erosão antrópica). Um dos principais parâmetros de qualidade da água capaz de demonstrar impactos da erosão acelerada nos cursos fluviais é a turbidez. Esta representa o grau de interferência que a luz sofre ao passar pela coluna d'água. Os responsáveis por uma elevada turbidez são os sólidos em suspensão, que conferem à água uma aparência turva. Estas partículas podem possuir uma origem natural

(partículas de rochas, argilas, algas e outros) ou antropogênica (efluentes domésticos e industriais, escavações, produtos de erosões provocadas por atividades antrópicas e microorganismos) (VON SPERLING, 1996, *apud* SANTOS *et al*, 2007).

As bacias do Rio Maracujá, afluente de margem esquerda do Rio das Velhas, e Ribeirão do Mango, que compõe a bacia do Rio Itabirito (também afluente de margem esquerda do Rio das Velhas), compartilham um mesmo divisor de águas e possuem suas nascentes nas bordas serranas do Quadrilátero Ferrífero. Este domínio é caracterizado por um relevo movimentado, sustentado por rochas resistentes dos supergrupos Minas e Rio das Velhas, o que define um contexto favorável a condições hidrodinâmicas de alta energia. Em sua porção interior, no entanto, a fragilidade das rochas do embasamento cristalino proporciona um alargamento dos vales e amplo desenvolvimento das feições sedimentares. O quadro morfológico do Quadrilátero resulta ainda de pressões de atividades humanas que, há séculos, vem impactando a dinâmica dos cursos d'água e levando à mudança de padrões fluviais.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo comparar a dinâmica erosivo-deposicional das bacias do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango durante o cenozóico. A partir de níveis e seqüências deposicionais fluviais, levantados por meio de trabalhos de campo, são observadas alterações na dinâmica hidrossedimentar das bacias, algumas possivelmente em razão de usos e atividades humanas. Aspectos da produção moderna de sedimentos também são levantados por meio de um mapeamento dos usos e cobertura do solo e análises das taxas de turbidez dos cursos fluviais. Dessa forma, procurou-se identificar onde as áreas mais degradadas se localizam e quais processos mais contribuem para o desencadeamento da erosão acelerada e assoreamento das calhas fluviais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudos

As bacias do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango compartilham um mesmo divisor de águas na porção sul da bacia do alto rio das velhas, em grande parte coincidente com as rochas do Quadrilátero Ferrífero. No entanto, enquanto a bacia do Ribeirão do Mango é afluente do Rio Itabirito, por sua vez tributário rio das Velhas, o Rio Maracujá é afluente direto do Rio das Velhas. As bacias se diferenciam também em área: a do Mango possui cerca de 66 km² e a do Maracujá 145 km².

A evolução do modelado do Quadrilátero Ferrífero vem sendo estudada desde o princípio do século passado. Desse modo, sua complexa geologia pode ser amplamente conhecida e hoje é aceita sua subdivisão em três grandes unidades litoestratigráficas (Figura 1): Embasamento cristalino,

Supergrupo Minas e Supergrupo Rio das Velhas, além do Grupo Itacolomi.

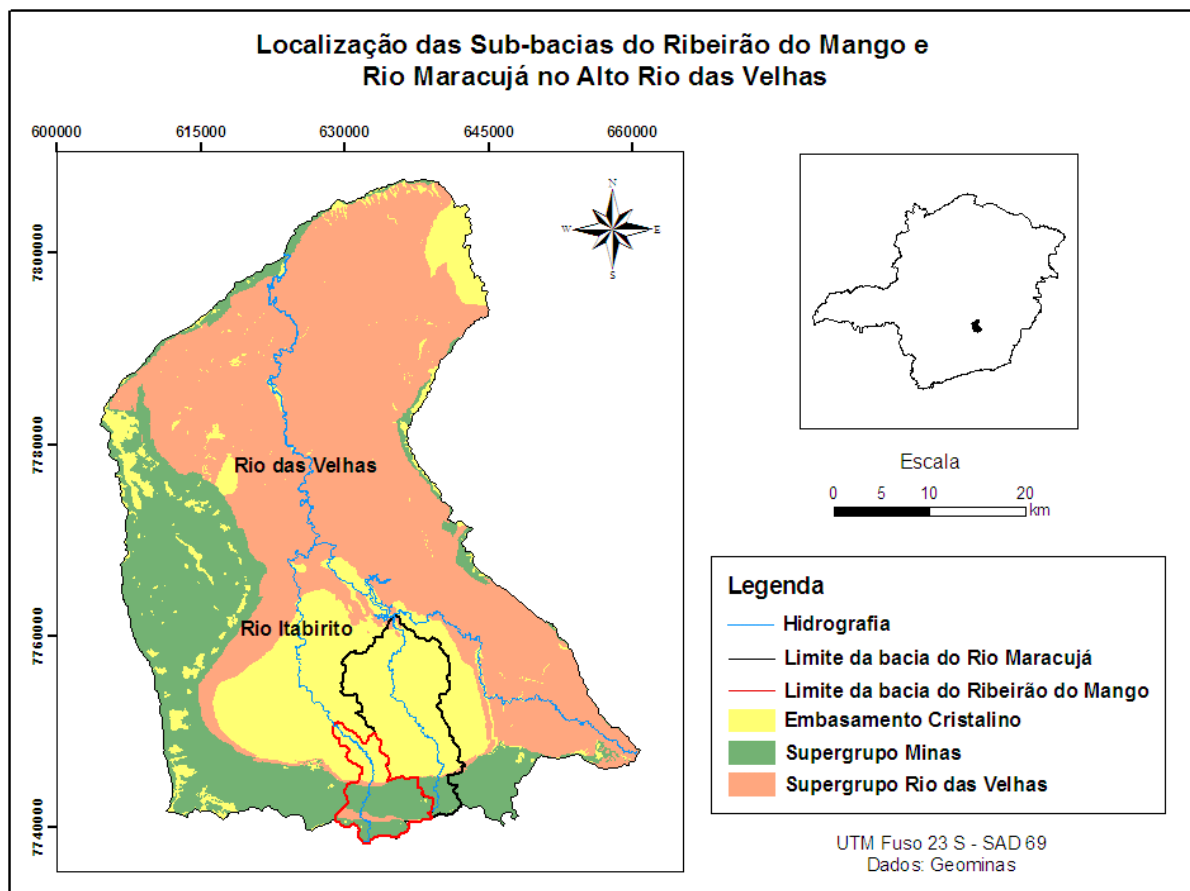


Figura 1 – Localização e contextualização geológica das bacias do Ribeirão do Mango e Rio Maracujá no Quadrilátero Ferrífero

Nos supergrupos Minas e Rio das Velhas se encontram as rochas mais resistentes (como itabiritos no primeiro e quartzitos no segundo), o que torna comum encontrar soleiras rochosas que estabelecem importantes níveis de base locais na região (VALADÃO & SILVEIRA, 1992). Porém, tais soleiras são mais comuns na bacia do Ribeirão do Mango, pois ela apresenta seu alto e médio curso nestas rochas mais resistentes, marcantes na configuração de um relevo mais dissecado, com consideráveis variações morfológicas e altimétricas. Já a bacia do Maracujá tem sua maior área nas rochas friáveis do embasamento cristalino (localmente denominado Complexo do Baçã). A rede de drenagem do Ribeirão do Mango e do Rio Maracujá se instalam ao longo das principais discontinuidades tectônicas do embasamento, onde, em ambas as bacias, encontra-se um relevo mais colinoso, em função da baixa resistência ao intemperismo e à erosão das rochas desta unidade, o que favoreceu o esvaziamento do interior do Quadrilátero, originando uma área mais rebaixada e suavizada (SALGADO, 2006).

O clima da região é marcado por duas estações bem definidas: verão chuvoso (de novembro a maio) e inverno seco (de junho a outubro). Santos, Sobreira & Coelho Neto (2002) atribuem à região de Santo Antônio do Leite – situada no divisor de águas comum às duas bacias – uma alta taxa pluviométrica média anual (1352,83 mm, entre 1986 e 1996), com ocorrência marcante de chuvas orográficas conhecidas como intermitentes e finas.

De modo geral, a região apresenta dois tipos de solo (CETEC, 1982 apud MOREIRA, 2006). Na região correspondente ao Complexo do Bação destacam-se solos com horizonte B latossólico caracterizados como latossolos vermelho-amarelos distróficos a moderado em relevos ondulados; e cambissolos distróficos a moderado em relevo forte ondulado. Ambos apresentam textura argilosa. A região de latossolos se destaca pela aptidão agrícola restrita para lavouras. Na área correspondente às rochas do Supergrupo Minas se destacam solos pouco desenvolvidos, caracterizados como neossolos litólicos distróficos a moderado com textura indiscriminada. Apresentam-se em um relevo forte ondulado e serrano. Compõem terras pertencentes à classe de aptidão restrita para pastagem natural e à classe inapta para silvicultura.

2.2 Procedimentos metodológicos

O presente trabalho é constituído de três etapas metodológicas, a saber: levantamento e caracterização dos níveis deposicionais fluviais; monitoramento dos índices de Turbidez das bacias estudadas; mapeamento de pressões, impactos e cobertura do solo.

2.2.1 Levantamento e caracterização dos níveis deposicionais fluviais

O levantamento e caracterização dos níveis deposicionais fluviais parte do princípio da estratigrafia genética, cuja interpretação de fácies possibilita entender os processos sedimentares atuantes e o tipo de ambiente gerador. De início, foi feita uma etapa criteriosa de trabalhos de campo ao longo de todo o vale, quando foi possível a identificação e o levantamento de dados da planície, de depósitos recentes de canal e dos terraços fluviais das bacias em questão. Os perfis de terraços e de planície foram descritos em fichas de campo para posterior elaboração de perfis síntese de cada nível. A descrição dos perfis procurou apresentar:

- Tipo de terraço: escalonado, embutido ou de recobrimento;
- Posição em relação ao curso fluvial atual: desnível vertical e distanciamento horizontal em relação à lâmina d'água atual;
- Representação em diagrama da organização das fácies, enfocando a granulometria de cada uma

delas, bem como a espessura e o tipo de transição entre as mesmas;

- Em caso de presença se seixos, responder se estes eram suportados por clasto ou matriz, qual a matriz; qual o tamanho médio, a litologia e o grau de arredondamento dos seixos;
- Presença de estruturas, concreções e matéria orgânica.

2.2.2 Monitoramento da turbidez das águas fluviais

As amostras foram coletadas na estação seca e na estação chuvosa, a fim de se avaliar a influência da sazonalidade, e os índices de turbidez foram analisados por meio de um turbidímetro de medição automática (Turbidímetro Plus – ALFAKIT).

A localização dos pontos em ambas as bacias foi determinada pelas condições de acesso, bem como por uma avaliação preliminar das condições ambientais em cada sub-bacia ou trecho do rio. Para o monitoramento da turbidez do Rio Maracujá foram realizadas visitas de campo em setembro de 2008 e janeiro de 2009. Foram escolhidos nove pontos de coleta, sendo cinco ao longo próprio Rio Maracujá e os demais próximos à foz de quatro afluentes diretos: Córrego Cipó, Córrego Holanda, Córrego da Prata e Córrego Taquaral.

Para o monitoramento da dinâmica do Ribeirão do Mango foram realizadas visitas de campo em setembro de 2008 e dezembro de 2009. Foram escolhidos 4 pontos de coleta, sendo dois no próprio curso do Ribeirão do Mango, um mais a montante e outro antes da foz, e dois no Ribeirão Sardinha, onde o Ribeirão do Mango deságua antes de afluir para o Rio Itabirito, sendo um ponto antes da confluência e outro a jusante.

Em campo ainda foram preenchidas tabelas previamente elaboradas nas quais foram registrados dados de GPS, a ocorrência de chuvas, além de observações gerais do ambiente.

2.2.3 Mapeamento de pressões, impactos e ocupação do solo

O mapeamento de pressões, impactos e ocupação do solo foi realizado com base em imagens Ikonos datadas de 2006 cedidas pela Universidade Federal de Ouro Preto, georreferenciadas em coordenadas UTM, datum WGS84.

A definição das classes mapeadas teve por critério apresentar os possíveis usos que podem intensificar os processos erosivos e modificar os parâmetros físicos das águas, como a turbidez. Dessa forma, por meio da vetorização (digitalização) no software ArcView 9.0 foram representadas as seguintes categorias:

- Vegetação de porte herbáceo-arbustivo: Áreas de cerrado e campos;

- Vegetação de porte arbóreo: Capões de mata, mata ciliar, mata estacional semi-decidual;
- Usos urbanos: Cidades, vilas, povoados e loteamentos; atividades industriais;
- Vias de acesso: Rodovias, estradas e linhas férreas;
- Atividades de Extração: Pedreiras, minerações, pontos de dragagem do leito e depósito de materiais aluviais dragados;
- Usos agropastoris: Áreas de cultivo e de pastagens;
- Erosão acelerada: Voçorocas em diferentes graus de instabilidade;
- Trechos com assoreamento crítico;
- Áreas de solo exposto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Identificação e caracterização dos níveis e seqüências deposicionais fluviais

O levantamento dos níveis e seqüências deposicionais fluviais dos vales do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango foi detalhado nos trabalhos de Barros *et al.* (2008 b) e Raposo *et al.* (2008), respectivamente. Já a comparação dos eventos deposicionais ocorridos em ambas as bacias é feita em Barros *et al.* (2008 a). Nesse sentido, o presente trabalho abordará tais temas de forma mais concisa, buscando apresentar os aspectos mais relevantes em vista dos objetivos propostos.

O Quadro 1 apresenta de forma sucinta a descrição e as características dos níveis e sequências deposicionais dos vales em questão e a correspondência de tais níveis ao se comparar as duas bacias. A Figura 2, por sua vez, apresenta o arranjo desses níveis em seus respectivos vales, bem como os perfis síntese de cada nível deposicional identificado.

De forma geral, correlacionando-se essas bacias se observa a correspondência de três eventos deposicionais fluviais. Entretanto, dois fatos merecem destaque. O primeiro se refere à não ocorrência do nível T4 no Rio Maracujá. Em parte isso pode ser explicado por contextos tectônicos que favoreceram a formação desse nível deposicional somente no Ribeirão do Mango. Entretanto, parece mais plausível a hipótese de que esse nível também tenha sido formado no Rio Maracujá, mas sido significativamente erodido, a ponto de não ser mais identificado em campo (BARROS *et al.*, 2008).

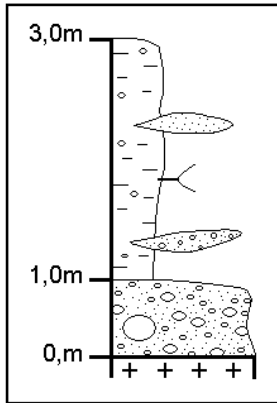
Quadro 1 – Caracterização sucinta dos níveis deposicionais dos vales do Rio Maracujá e do Ribeirão do Mango

VARIÁVEIS	CURSO D'ÁGUA	VÁRZEA	NÍVEIS DEPOSICIONAIS			
			T1	T2	T3	T4
Tipologia	Maracujá	Embutida /Recobre o T1	Escalonado /de Recobrimento	Sobre elúvio	-----	-----
	Mango	Embutida/Recobre o T1	Recobrimento/ Embutido	Escalonado/ Embutido	Escalonado	Sobre elúvio
Desnível altimétrico da lâmina d'água	Maracujá	0 m ou 3 m (quando sobre o T1)	Cerca de 2 m	0 m	-----	-----
	Mango	50 cm	0 m (assentado no nível basal de seixos do T2)	0 m (a fácies basal coincide com o talvegue atual)	Entre 1 e 2 m	50 m
Caracterização dos perfis	Maracujá	Espessura entre 0,3 m e 1,5 m / compõe-se de diferentes proporções de argila, silte e areia; quando sobre T1R domina a textura arenosa; presença de grânulos de itabirito e quartzo em alguns trechos. Pode haver acúmulo de matéria orgânica, além de grande presença de raízes.	Fácies basal: 1m / seixos de quartzo (entre 1 e 19 cm de comprimento) – localmente esta fácies é concrecionada. Fácies superior: 5m / argiloso. Pode haver mistura de areia e acúmulo de matéria orgânica e variações de cor ao longo do perfil.	Fácies basal: 1 m / seixos de quartzo, suportados por matriz de areia grossa ou argila, por vezes por clasto. Pode-se encontrar matacão Fácies superior: 2 m / argilosa (pode haver variação de cor)	-----	-----
	Mango	Espessura de 2 m / material areno-argiloso	Fácies basal: 50 cm / seixos de tamanho médio 1 cm. Fácies superior: 2 m / areno-argiloso	Fácies basal: sem dados de espessura (se encontra no leito atual) / seixos de quartzo; tamanho médio de 1 cm; matriz areia de quartzo e itabirito ferruginizada e concrecionada. Fácies superior: 4 m / silto-argiloso	Fácies basal: 1 m / seixos de quartzo; tamanho médio 15 cm (maiores) e 4 cm (menores) Fácies superior: 5 m / argiloso	Fácies basal: 60cm / litologia variada (quartzo, granito, itabirito); tamanho médio 12 cm. Fácies superior: 70 cm /argiloso
	Maracujá	Estrutura plano-paralela	Acanalada e cruzada nos seixos e plano-paralela na fácies superior	-----	-----	-----
Estruturas	Mango	Lentes de matéria orgânica e areia itabirítica; estruturas plano-paralelas	Estruturas acanaladas localmente	Estruturas plano-paralelas	Lentes de matéria orgânica	-----

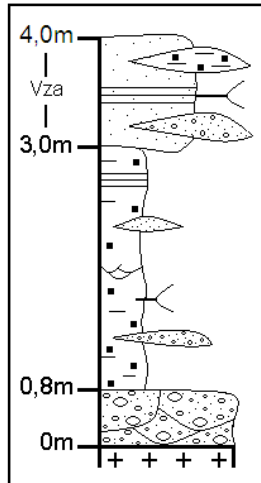
Perfis-síntese dos níveis deposicionais

Vale do Rio Maracujá

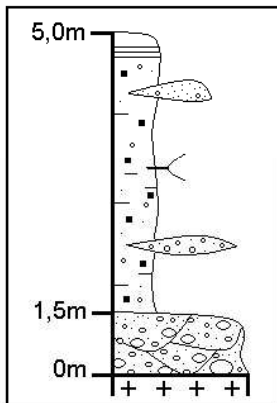
Terraço Superior (T2)



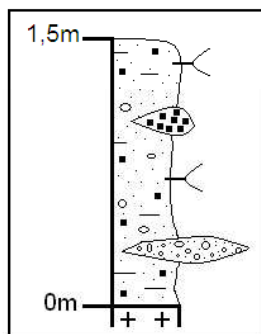
Terraço Inferior de Recobrimento (T1R)



Terraço Inferior Escalonado (T1E)

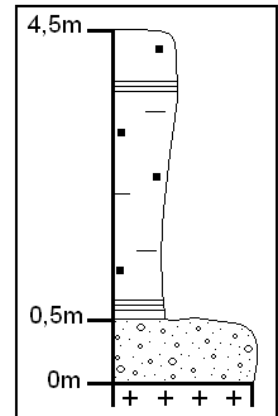


Várzea (Vza)

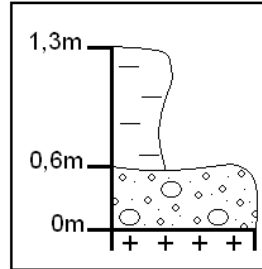


Vale do Ribeirão do Mango

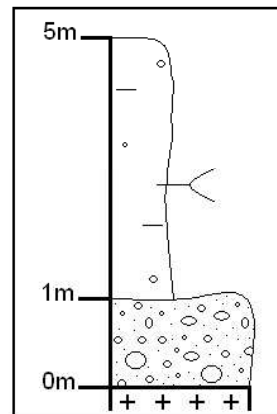
Terraço Intermediário Inferior (T2)



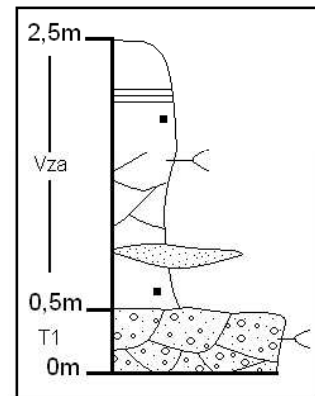
Terraço Superior (T4)



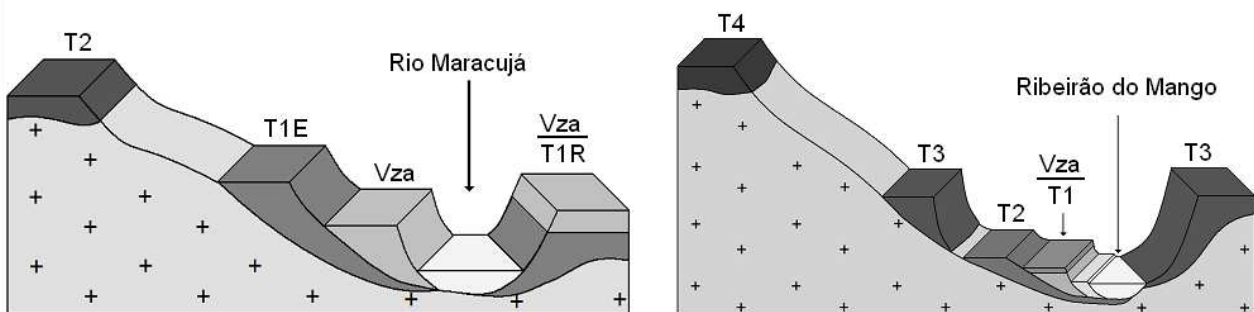
Terraço Intermediário Superior (T3)



Várzea / Terraço Inferior de Recobrimento (T1)



Perfil Transversal



Legenda

Figura 2 – Perfis síntese dos níveis deposicionais e perfis transversais dos vales estudados.

Outro fato que merece destaque se refere à formação de um nível deposicional muito recente no Ribeirão do Mango, o qual também não encontra correspondentes no Rio Maracujá. O Nível de Terraço Inferior (T1) do ribeirão do Mango teve sua origem em processos relativamente rápidos de abandono de meandros em razão de uma intensa migração lateral do canal durante os últimos 20 anos (Raposo *et al.*, 2008). Tal fato se deve à presença de um paleonível no curso fluvial atual correspondente à fácies basal de seixos do Nível de Terraço Intermediário Inferior (T2) do Ribeirão do Mango que atualmente se encontra concrecionada. Em um contexto de abundância de ferro, derivado dos itabiritos que sustentam as serras regionais, o nível de seixos foi ferruginizado e concrecionado, oferecendo uma maior resistência à erosão, freando a dinâmica de encaixamento do canal (MAGALHÃES, 2008). A elevada energia e a abundante carga sedimentar do canal resultaram, portanto, na formação de um nível mais recente embutido no T2. Com a dificuldade do encaixamento, a energia foi concentrada na migração lateral e na formação do T1 em trechos localizados associados a cortes de meandros. Após a formação do T1, o encouraçamento (“*bed armoring*”) não foi suficiente para evitar um ligeiro processo de encaixamento de cerca de 50 cm nos últimos anos, posicionando a calha no nível atual. Como resultado, o nível basal de seixos do T1 encontra-se exposto nas margens do canal (RAPOSO *et al.*, 2008).

3.2 Monitoramento da turbidez e ocupação do solo nas bacias

As taxas de turbidez das águas fluviais das bacias se apresentara mais elevadas no período chuvoso, apontando para a influência da sazonalidade nessa variação, devido à ação da chuva na remoção e carreamento de partículas (ALMEIDA & SCHWARZBOLD, 2003).

No Rio Maracujá as menores taxas de turbidez encontradas, tanto na estação seca como na chuvosa, foram as referentes ao Ponto 9, na alta bacia. Seu baixo valor de turbidez remete a fatores naturais, já que este ponto se localiza sobre as resistentes rochas do Supergrupo Minas, como quartzitos e itabiritos, e em áreas com declividades elevadas, ambos os fatores desfavorecendo a formação de espessos mantos de intemperismo. Já os maiores valores de turbidez encontrados, tanto na estação seca como na chuvosa, se referem ao Córrego Cipó (Ponto 8). Esta é a segunda menor sub-bacia monitorada em área (apenas 3 km², aproximadamente). Seu diferencial em pressões, impactos e ocupação do solo em relação às demais sub-bacias é apenas o percentual de cobertura do solo por usos urbanos, marcados pela presença, em encostas íngremes, de loteamentos pouco ocupados. Na estação seca, os pontos 3 e 4 também apresentaram valores de turbidez relativamente mais elevados. Nestes casos, verifica-se a influência do lançamento de efluentes no distrito de Amarantina. A agricultura e a

pecuária possuem também um papel relevante na degradação do solo e estão dentre as principais causas de exposição do mesmo a processos de erosão acelerada. Na bacia do Rio Maracujá os usos agropastoris ocupam cerca de 20% da área (Figuras 3 e 4). Destaca-se ainda uma estreita relação entre os voçorocamentos e taxas de turbidez no monitoramento da bacia do córrego Holanda, que apresenta a maior concentração desses focos de erosão acelerada na bacia do rio Maracujá, ocupando mais de 30% da sub-bacia. Na estação chuvosa a taxa de turbidez relativa à bacia do Holanda passou do quinto para o terceiro maior valor entre os pontos monitorados. Apesar dos voçorocamentos contribuírem com sedimentos o ano inteiro, é na estação chuvosa que a contribuição de sedimentos é mais marcante, uma vez que são favorecidos movimentos de massa nas bordas das voçorocas, por intensificação da interferência do nível freático, além da ação direta das águas nos saprólitos e intensificação da erosão subsuperficial.

Na bacia do Ribeirão do Mango, embora apresente poucos pontos de monitoramento devido a dificuldades de acesso e à menor extensão dessa bacia em relação à do Rio Maracujá, observa-se que houve um considerável aumento dos valores de turbidez, principalmente no período chuvoso, entre o ponto de coleta mais a montante (Ponto A) e o mais próximo a foz (Ponto B). Observa-se também que a bacia do Ribeirão do Mango contribui de forma significativa para as taxas de turbidez do Ribeirão Sardinha, fato que pode ser observado comparando-se os valores de turbidez do Ponto C, antes da confluência, com os do Ponto D, após a confluência (Figura 3).

Pode-se associar o considerável valor de turbidez do Ribeirão do Mango as focos de voçorocamento nas áreas de cabeceira (1,89%), principalmente sobre as rochas do Supergrupo Minas e aos usos agropastoris na média-baixa bacia (7,54%) (Figura 4).

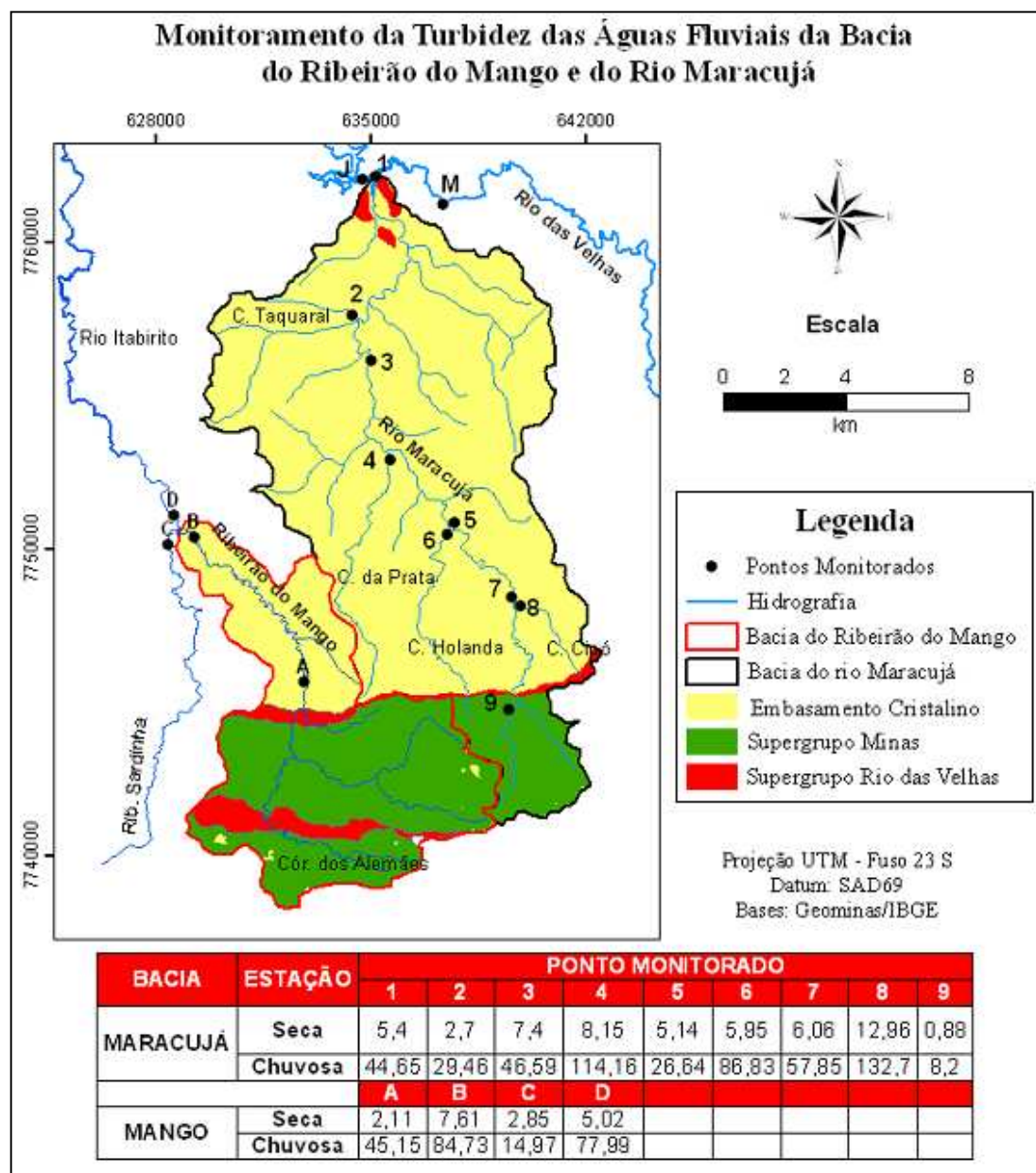


Figura 3 – Localização dos pontos de coleta em respectivos contextos geológicos e os dados semestrais da turbidez das águas fluviais das bacias do Rio Maracujá e do Ribeirão do Mango

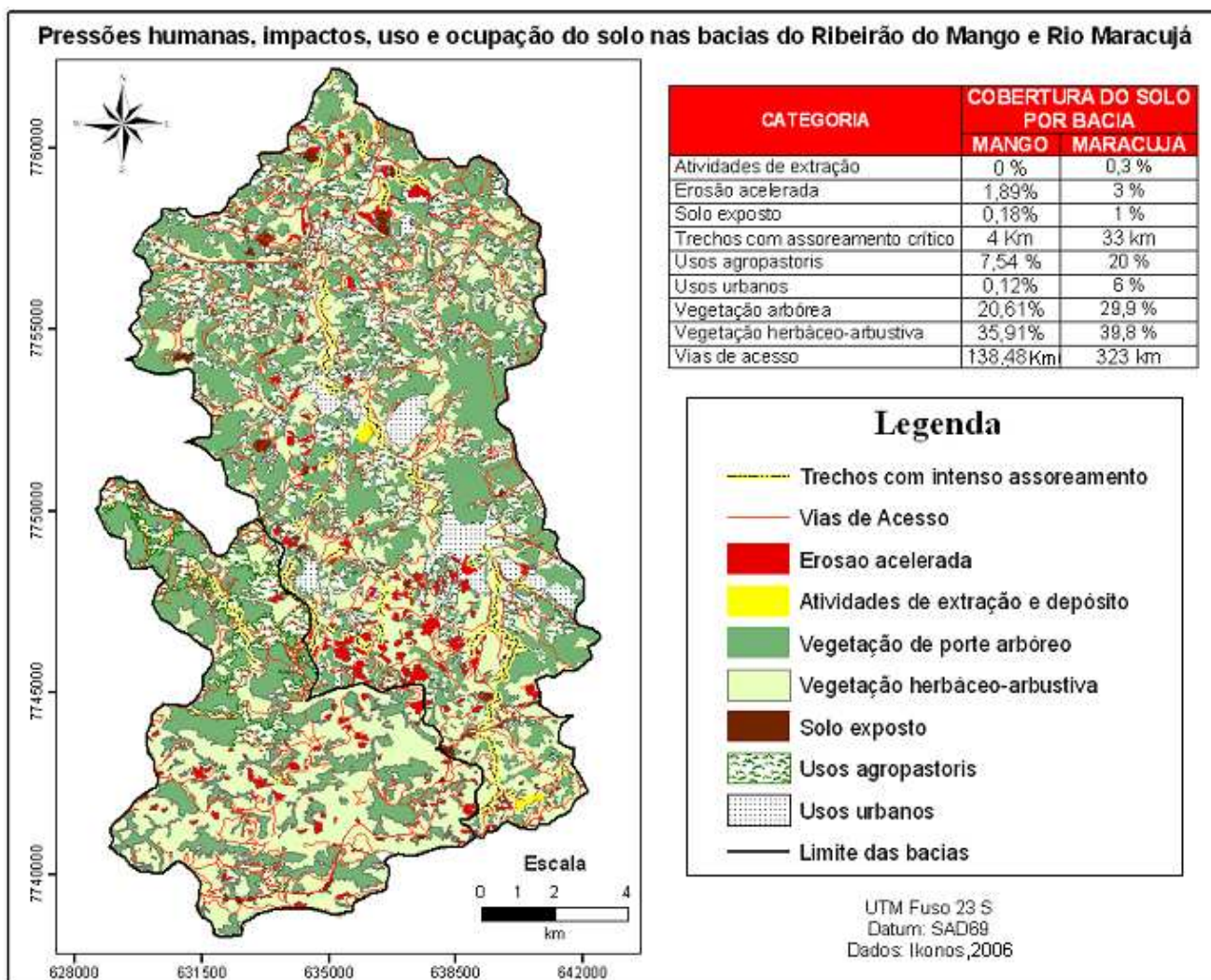


Figura 4 – Mapeamento das pressões, impactos e cobertura do solo e suas respectivas porcentagens por área das bacias do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango.

3.3 Reflexões acerca dos resultados

Os perfis estratigráficos dos níveis e seqüências deposicionais dos vales do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango mostram uma redução significativa da espessura dos pacotes de argila em ambos os casos, o que pode ser percebido por meio de fácies superiores argilosas dos terraços mais antigos, as quais podem chegar a 5 metros de altura, o que não se repete para o nível atual de várzea (Figura 2).

Entretanto, de um modo geral, pode-se considerar que as bacias do Maracujá e do Mango se encontram em situação ambiental bem diferente. Enquanto nesta há relativa preservação do quadro natural, dada uma ocupação menos expressiva da área, aquela se encontra sob fortes impactos ambientais, o que configura padrões fluviais atuais condicionados por diferentes processos nessas

bacias.

O relevo da bacia do Maracujá é recortado por centenas de voçorocas, sempre conectadas ao sistema de drenagem, podendo atingir mais de 40% da superfície de algumas sub-bacias. Cerca de 70 % das voçorocas na bacia estão diretamente associadas às atividades antrópicas, como o desmatamento e a construção de cercas, estradas, ou de qualquer outra obra que interfira diretamente no regime hidrológico local atuando na concentração de fluxos superficiais de água. O fluxo concentrado pode ter energia suficiente para erodir os solos superficiais, pouco erodíveis sob condições de fluxo superficial não concentrado, e atingir os saprólitos, que por sua vez são muito erodíveis (BACELLAR *et al.*, 2001).

Além disso, a vegetação primária da região vem dando lugar desde o século XVIII a atividades agrícolas, silvicultura de eucalipto e pastagens. Outras atividades econômicas de forte impacto na região são o garimpo de topázio e a extração de materiais aluviais para construção civil, afetando seriamente as matas ciliares. Essas atividades junto ao intenso voçorocamento na bacia são responsáveis por um aporte significativo de sedimentos aos cursos d'água. Esse aporte sedimentar ao Maracujá supera suas características de capacidade e competência, o que vem levando ao assoreamento das calhas fluviais, dando ao rio – que evoluiu durante o Cenozóico com um padrão próximo ao meandrante – feições características de canais entrelaçados. A carga sedimentar fornecida pela erosão acelerada é predominantemente arenosa e não é totalmente transportada pelo fluxo, mesmo durante as cheias. De um modo geral, podemos associar tal fato à diminuição do fluxo de base de tributários do Alto Rio das Velhas que, segundo Costa & Bacellar (2007), esteve diminuindo nos últimos anos sem uma redução simultânea na entrada de água. Grande parte desse decréscimo pode ser justificada principalmente pelos voçorocamentos, além de atividades humanas mal planejadas, que resultam no solo exposto ou na compactação e erosão entre outros tipos do impacto, como a superexploração de lençol de água e drenagem de áreas alagadas.

Por sua vez, a dinâmica fluvial atual do Ribeirão do Mango é bastante influenciada por causas naturais. Observa-se por meio das sequências estratigráficas que o ribeirão se desenvolveu num padrão muito próximo ao meandrante ao longo de todo o Cenozóico. Atualmente, embora haja uma diminuição na produção de sedimentos finos, o curso fluvial se destaca pelo alto grau de sinuosidade, prevalecendo, portanto o padrão meandrante. Tal fato se deve, em grande parte, pela presença no leito atual da fácies basal de seixos concrecionados do Nível de Terraço Intermediário Inferior (T2) (Quadro 1), que exerce um papel de encouraçamento do leito atual (*bed armoring*). Esse encouraçamento dificulta a incisão vertical do ribeirão, forçando o curso fluvial a dissipar sua energia por meio do movimento lateral dos meandros, o que promove a remoção das fácies finas do T2 nas margens e a

posterior deposição de novos sedimentos.

Pode-se inferir que grande parte do aporte sedimentar ao ribeirão é decorrente dos focos de voçorocamento que se concentram nas cabeceiras da bacia. Essas voçorocas se desenvolvem sob o substrato rochoso do Supergrupo Minas, mais especificamente sobre os do Grupo Piracicaba. Os quartzitos ferruginosos compõem uma exceção no Supergrupo Minas, pois condicionam a produção de um manto de intemperismo sensivelmente maior que o geral. Esse manto é composto por areias finas, friáveis e muito erodíveis por serem desprovidas de agentes ligantes. A friabilidade do material é tão acentuada que pode acarretar o desmoronamento dos taludes com um simples toque, o que explica a concentração de ravinas e voçorocas ao longo de tais afloramentos quartzíticos (BACELLAR, 2000).

Em geral, a bacia do Ribeirão do Mango mostra uma dinâmica erosiva e deposicional nos ambientes de calha muito acelerada. Isso pode ser verificado na formação de expressivos depósitos de canal e de seu nível de terraço mais recente (T1) (Figura 5). Embora o Rio Maracujá também seja muito rico em depósitos de canal, no Ribeirão do Mango podem ser gerados pacotes sedimentares da ordem de 1 metro de espessura em apenas alguns episódios chuvosos. Essa dinâmica mais acelerada é atribuída em grande parte à dificuldade de encaixamento do canal e ao aporte de sedimentos pelos voçorocamentos nas cabeceiras.

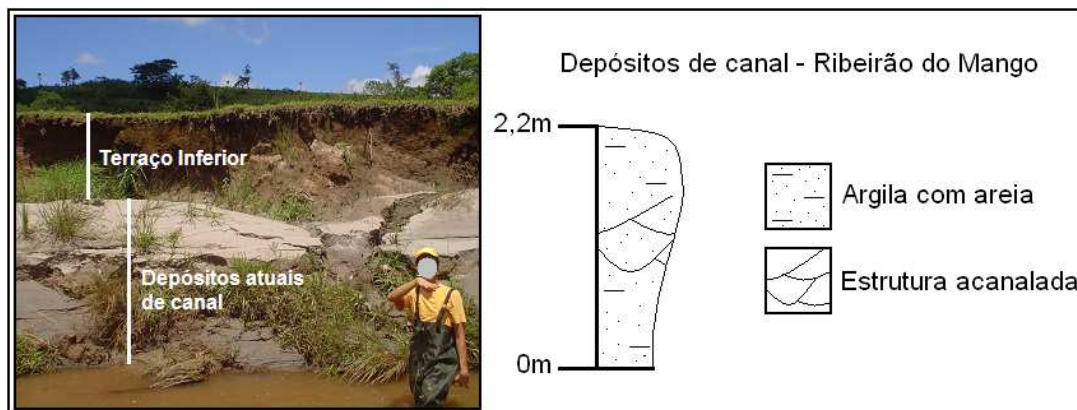


Figura 5 – Bacia do Ribeirão do Mango: espessos depósitos de canal – formados em curto período de tempo – embutidos no Nível de Terraço Inferior.

Embora no vale do Rio maracujá também se encontre fácies basal de seixos concrecionados no nível de terraço mais recente, esse concrecionamento não é tão expressivo espacialmente quanto o que se encontra no Ribeirão do Mango. Desse modo, em alguns trechos deste ribeirão podem ser identificadas algumas barras detríticas cuja aparência e posição podem sugerir processos de entulhamento da calha na dinâmica atual. Entretanto, tal configuração não se explica por um grande

aporte de sedimentos ao curso fluvial, que pode acarretar o assoreamento do leito como ocorre no rio Maracujá. Essas barras resultam do dismantelamento do T2 em locais em que a fácies fina superior foi removida, mas o nível detrítico basal não. A resistência dos seixos concrecionados acaba resultando em feições deposicionais de canal semelhantes a barras ou ilhas vegetadas, mas não são formas derivadas da dinâmica sedimentar atual. Tal situação também foi verificada no Rio das Velhas (MAGALHÃES JR. *et al.*, 2008), indicando que podem ser encontrados depósitos associados aos de padrões entrelaçados, embora não possam ser assim interpretados. Nesse sentido, tais ocorrências correspondem a barras erosivas e não a barras de deposição, como ocorre no Rio Maracujá (Figura 6).



Figura 6 – Comparação entre os tipos de barras de canal encontrados nas bacias em questão. O Rio Maracujá apresenta barras típicas de assoreamento (barras deposicionais) enquanto que no Ribeirão do Mango há ocorrências de barras detríticas erosivas, resultantes do dismantelamento dos seixos concrecionados do T2.

4 CONCLUSÕES

Observa-se que a alteração significativa na produção e deposição de sedimentos do Rio Maracujá decorre em grande parte dos voçorocamentos predominantes no Complexo do Bação, além do alto grau de degradação do alto curso. De acordo com Bacellar, Coelho Neto & Lacerda (2001), cerca de 70% das voçorocas na bacia estão diretamente associadas às atividades antrópicas que interferem diretamente no regime hidrológico local, atuando na concentração de fluxos superficiais de água. O

fluxo concentrado erode os horizontes superficiais, pouco erodíveis sob condições de fluxo não concentrado, atingindo os saprólitos, muito erodíveis. Também foram observadas alterações no padrão fluvial do canal principal da bacia ao longo do Cenozóico. Enquanto alguns depósitos de baixos terraços apresentam espessos pacotes de argila, a planície atual apresenta misturas heterogêneas de materiais finos (argila e silte) e grosseiros (areias finas e médias). Hoje o Rio Maracujá apresenta um considerável grau de assoreamento, levando ao surgimento em diversos trechos de uma morfologia característica de canais entrelaçados, enquanto sua evolução no Cenozóico se deu em um canal próximo ao padrão meandrante.

Em contrapartida, a dinâmica fluvial recente do Ribeirão do Mango é condicionada em grande parte pelo encouraçamento do leito atual, o que confere ao ribeirão baixa capacidade de transporte dos sedimentos. Estes são em sua maioria provenientes dos focos de voçorocamento concentrados nas áreas de quartzitos ferruginosos do Supergrupo Minas, que correspondem às áreas de cabeceiras da bacia, e pelos usos agropastoris na média-baixa bacia. A elevada sinuosidade e cortes de meandro apresentados pelo ribeirão demonstram que este tende a seguir o mesmo padrão meandrante predominante durante o Cenozóico em resposta à presença de seixos concrecionados no leito atual (*bed armoring*). Tal característica propicia o surgimento de barras detríticas erosivas, resultantes do desmantelamento da fácies basal do Nível de Terraço Intermediário Inferior (T2).

O mapeamento de pressões e impactos associado ao monitoramento da turbidez permitiram identificar que as bacias do ribeirão do Mango e do rio Maracujá se encontram em estágios de degradação ambiental bem distintos, o que é refletido na dinâmica fluvial recente de cada bacia. No Rio Maracujá as influências humanas em termos de desmatamento e uso inadequado do solo são, em grande medida, fatores intensificadores dos voçorocamentos locais, intensificando a produção de sedimentos e levando a uma arenização dos depósitos atuais e assoreamento das calhas fluviais. Em contrapartida, o Ribeirão do Mango apresenta o nível de seixos concrecionados condicionando a formação de espessos depósitos fluviais recentes em razão de um expressivo aporte sedimentar relacionado aos processos erosivos acelerados, os quais surgem em sua maior parte por causas naturais, em razão do relativo desenvolvimento de um manto de intemperismo nas áreas de quartzitos ferruginosos nas cabeceiras da bacia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG e ao CNPq pelas bolsas de iniciação científica e pelo financiamento do projeto de pesquisa. Também agradecem à professora Dra. Ana Clara Mourão (IGC/UFMG) pelo empréstimo das imagens de satélite.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, M. A. B., SCHWARZBOLD, A. (2003). Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com Aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA) . Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 8 (1): 81-97.
- BACELLAR, L. A. P.; COELHO NETO, A. L.; LACERDA, W. A. (2001). Fatores condicionantes do voçorocamento na bacia hidrográfica do rio Maracujá, Ouro Preto, MG. In: VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 2001, Goiânia. CD Rom. Sao Paulo: ABGE, v. 1.
- BACELLAR, L. A. P., 2000. Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, MG. – PhD Thesis – COPPE: Rio de Janeiro- Brasil
- BARROS, L. F. P.; RAPOSO, A. A.; RAPOSO, A. A.; OLIVEIRA, L. A. F.; MAGALHÃES JR., A. P.; CHEREM, L. F. S. (2008 a). Análise Comparativa entre os Eventos Depositionais Fluviais Cenozóicos nos Vales do Rio Maracujá e Ribeirão do Mango - Quadrilátero Ferrífero/ MG. In: II Encontro Latino Americano de Geomorfologia e VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, Belo Horizonte. *Anais ...* Belo Horizonte: Tec Art, 2008. v. 1. p. 270-280.
- BARROS, L. F. P.; RAPOSO, A. A.; MAGALHÃES JR, A. P.; CHEREM, L. F. S. (2008 b). Níveis e Sequências Depositionais Fluviais Cenozóicos no Vale do Rio Maracujá, Quadrilátero Ferrífero, Ouro Preto/MG. In: II Encontro Latino Americano de Geomorfologia e VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Tec Art, 2008. v. 1. p. 140-150.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1974). Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher/USP, 149p.
- COSTA, F. M.; BACELLAR, L. A. P., 2007. Analysis of the influence of gully erosion in the flow pattern of catchment streams, Southeastern Brazil. *CATENA*, v. article, p. 230-238.
- LANA, C. E., (2004). Cartografia Integrada de Ecossistemas Lóticos (Fluviais) no Alto Curso do Rio das Velhas, MG. Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 2004. 175 p.
- MAGALHÃES JR, A. P.; SAADI, A. (1994). Ritmos da Dinâmica Fluvial Neo-Cenozóica Controlados por Soerguimento Regional e Falhamento: O Vale do Rio das Velhas na Região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, Belo Horizonte-MG, 2(1): 42-54.

- MAGALHÃES JR, A. P. (1994). Impactos Ambientais em Sistemas Fluviais: A Mudança no Padrão de Sedimentação do rio das Velhas na Região de Belo Horizonte-MG. *Caderno de Filosofia e Ciências Humanas*, Belo Horizonte, 2(3):39-47,
- MAGALHÃES JR, A. P.; SANTOS, G. B.; CHEREM, L. F. S. (2008). Processos de Encouraçamento da Calha do Alto Rio das Velhas e seus Reflexos na Dinâmica Fluvial Moderna, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: II Encontro Latino Americano de Geomorfologia e VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Tec Art, 2008. v. 1. p. 120-130.
- PEETS, G.E. & FOSTER, D.L. (1985). *Rivers and Landscape*. E.D. Edward Arnold. 274
- SALGADO, A. A. R. (2006). Estudo da Evolução do Quadrilátero Ferrífero, MG-Brasil, através da quantificação de processos erosivos desnudacionais. Tese (doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) DeGeo, UFOP, Ouro Preto.
- SÁNCHEZ, L. H. (2008). Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos. p: 18 – 43
- SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G.; COELHO NETO, A. L. (2002). Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, distrito de Ouro Preto, MG. *Revista da Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 55, n. 4, p. 285-290.
- SANTOS, G. V.; Dias, H. C. T.; Silva, A. P. S.; Macedo, M. N. C. (2007). Análise hidrológica e sócio-ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Romão dos Reis, Viçosa – MG. *Revista Árvore*. Viçosa: 31(5) : 931-940
- SANTOS, G. B. (2008). Geomorfologia fluvial no Alto Vale do Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG: paleoníveis deposicionais e dinâmica erosiva e deposicional atual Dissertação de. IGC-UFMG, Belo Horizonte.
- SUGUIO, K. & BIGARELA, J. J. (1980). *Ambientes Fluviais*. Editora UFPR, Curitiba, 183p
- TOMMASI, L. R. (1994). *Estudo de Impacto Ambiental*. São Paulo: CETESB.
- VALADÃO, R. C.; SILVEIRA, J. S. (1992). Estratigrafia Quaternária e Evolução do Relevo no Complexo de Baçã - dados preliminares. *Revista da Escola de Minas*, Ouro Preto/MG, 45(1/2): 85-87.