

AJUSTES DO SISTEMA FLUVIAL À IMPERMEABILIZAÇÃO URBANA: ESTUDO DE CASO EM TERRA RICA, PR

Adjusts of fluvial system to urban waterproofing, study case in Terra Rica, PR

Otávio Cristiano Montanher¹

¹**Universidade Estadual de Maringá**
Departamento de Geografia
Av. Colombo, 5790 – Bloco J-12 - Vila Sete
87020-900 – MARINGÁ – PR – BRASIL
otavioctmontanher@yahoo.com.br

RESUMO

Os efeitos da urbanização sobre os sistemas fluviais ainda são incompletamente compreendidos. Este artigo tem como objetivo relacionar a evolução do sistema fluvial do córrego Água do Trajano com as mudanças na área urbana de Terra Rica, PR, no período de 1984-2010 e apresentar uma discussão mediante a comparação com o modelo de Wolman. Por meio de um banco de dados composto por quinze imagens TM5, uma imagem HRC e pelo reconhecimento de campo, foi possível identificar três momentos distintos de ajuste do sistema fluvial à impermeabilização urbana que provocaram ciclos diferenciados de erosão e deposição, localizados diferentemente no tempo e no espaço. A área de areia exposta sobre a planície aluvial e o alcance desses depósitos à jusante demonstraram curvas exponenciais negativas de ajuste inicialmente, e em seguida inversamente proporcionais com o aumento das áreas construídas na área urbana de Terra Rica.

Palavras chave: Geomorfologia fluvial, impermeabilização urbana, alterações ambientais.

ABSTRACT

Urbanization effects above fluvial systems are still incompletely understood. This paper aims to relate the fluvial system evolution of Água do Trajano stream to the changes in the urban area of Terra Rica – PR, between 1984 and 2010, and present a discussion drawing on comparison of the Wolman's model. By means of a database consisting of fifteen TM5 images, one HRC image and by field recognition, it was possible to identify three distinct moments of fluvial system adjustment to urban impermeabilization which have caused different erosive and depositional cycles, differently located in time and space. The area of exposed sand on the alluvial plain and the downstream reach of these deposits initially showed exponential negative adjustment curves, followed by inversely proportional according to the increase of constructed areas in the urban area of Terra Rica.

Keywords: Fluvial geomorphology, urban waterproofing, environmental changes.

1 INTRODUÇÃO

É reconhecida na literatura a importância da investigação acerca das interferências humanas nos sistemas fluviais. Notadamente nas últimas décadas, isso tem ganhado incentivos socioeconômicos e políticos em um contexto global. Contudo, a compreensão de tal influência no meio natural ainda é incompleta e controversa em alguns

ramos de pesquisa (JAMES E MARCUS, 2006) de tal maneira, que novos estudos e discussões de cunho acadêmico-científico possuem distinta importância na interpretação e análise dessa variável do meio físico.

O homem, ao desenvolver suas atividades sobre a superfície terrestre, modifica diversos processos dos sistemas ambientais, podendo incrementar ou suavizar

seus efeitos e conseqüentemente alterar a evolução dos sistemas geomorfológicos.

Uma das importantes alterações provocadas pelo homem ao meio natural é a modificação da cobertura do solo, retirando a vegetação natural e inserindo atividades agrícolas e urbanas (OLIVEIRA, 1990; OLIVEIRA e QUEIROZ NETO, 1994; PAUL e MEYER, 2001; DOWNS e GREGORY, 2004; CHIN, 2006; GREGORY, 2006; YUAN *et al.*, 2006; CHARLTON, 2008; LATRUBESSE *et al.*, 2009). Essa modificação não se restringe às condições locais, influenciando diversos subsistemas conectados, como a hidrologia de superfície e subsuperfície, as características geomorfológicas dos ambientes fluviais e as características dos ecossistemas associados. Como idealizado por Downs e Gregory (2004), cada mudança na cobertura vegetal e no uso do solo da bacia de drenagem pode potencialmente instigar mudanças na morfologia do canal e então na ecologia. A impermeabilização do solo provocada pelas construções urbanas possui forte influência neste sentido e já foi tema de diversos trabalhos (WOLMAN, 1967; 1975; TRIMBLE, 1997; CHIN e GREGORY, 2001; 2005; WALTERS *et al.*, 2003; CHIN, 2006; KANG e RICHARD, 2006; FRALEY *et al.* 2009).

Wolman (1967; 1975) em trabalhos pioneiros, discute a importância do conhecimento das alterações que as áreas urbanas provocam sobre o ciclo hidrológico e sedimentar. Segundo o autor, a erosão e o transporte sedimentar acelerados pela impermeabilização urbana possuem diversas conseqüências, como a obstrução de canais, o assoreamento de reservatórios, a redução ou erradicação da fauna bentônica e ictiológica, a diminuição do potencial recreativo de corpos aquáticos e o aumento do custo do tratamento da água.

Desta forma, destaca-se a importância da realização de novas pesquisas sistemáticas sobre as alterações geomorfológicas em pequenos cursos fluviais que estão sob a influência de áreas urbanas, para melhor compreensão dos efeitos que essa interferência

antrópica produz nesses sistemas ambientais. Essa necessidade de novas investigações é ainda maior nos ambientes intertropicais (CHIN, 2006).

A partir dessa conjectura, esse trabalho tem dois objetivos: a) relacionar a evolução do sistema fluvial do Córrego Água do Trajano com as mudanças estruturais na área urbana de Terra Rica, PR, e b) comparar as hipóteses e dados levantados neste estudo de caso com o modelo tradicionalmente citado na literatura, proposto por Wolman (1967).

2 ÁREA DE ESTUDO

O Córrego Água do Trajano localiza-se no Noroeste do Estado do Paraná, próximo da área urbana do município de Terra Rica (Figura 1). A drenagem possui aproximadamente 7,5 km de extensão e a bacia hidrográfica possui 30,2 km². O clima é tropical a subtropical, com uma temperatura média anual de 22 C °, com uma precipitação de 1500 mm/ano (IBGE, 1990). O substrato geológico é o Arenito Caiuá (Kc), primeiramente descrito por Washburne (1930). Essa rocha sedimentar, formada em ambiente árido, apresenta uma coloração avermelhada a alaranjada, tendo o quartzo como principal mineral formador e com intervalo granulométrico entre 0,25 e 1,6 mm de diâmetro. Os solos desenvolvidos sobre essa unidade geológica possuem baixa resistência aos processos erosivos das águas pluviais e já foram temas de diversos trabalhos anteriores (NAKASHIMA, 1999; GASPARETTO, 1999; SOUZA, 2001). Tais estudos focaram os processos pedológicos e erosivos no mesmo contexto regional deste estudo, todavia o presente artigo tem como objetivo vincular tais processos de erosão originados pelo desenvolvimento da área urbana de Terra Rica e os conseqüentes impactos no Córrego Água do Trajano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O monitoramento e a avaliação desse estudo de caso foram realizados a partir de

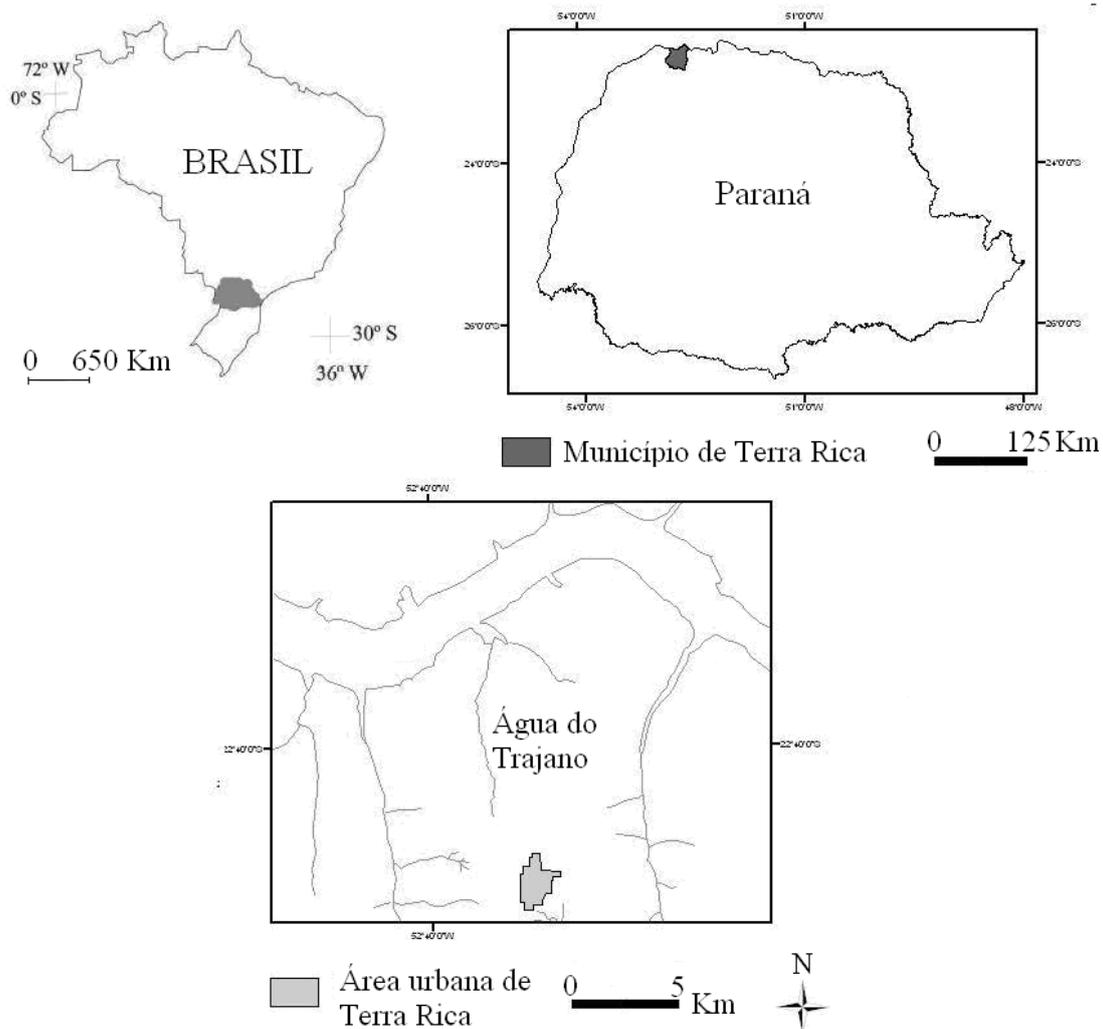


Figura 1: Localização da área de estudo.

dados do sensoriamento remoto e reconhecimento de campo.

O sensoriamento remoto tem sido utilizado na pesquisa de sistemas fluviais em diversas escalas temporais e espaciais (GILVEAR e BRYANT, 2003), desde grandes áreas, como Mertes (1994) ou Martinez *et al.*, (2009) no Rio Amazonas, até detalhados estudos em pequenas áreas, incluindo o estudo de Guy (1974) sobre erosão urbana, ou mais recentemente Nelson *et al.*, (2006) e Galster *et al.*, (2008). O uso de imagens orbitais neste trabalho possui a desvantagem de não fornecer informações quantitativas de grande detalhe, como taxas de produção de sedimentos que poderiam comprovar as hipóteses levantadas. Porém, tal base de dados foi utilizada porque é a única fonte disponível para o intervalo temporal necessário, além do fato de que poucas

amostragens de carga sedimentar transportada, atuais e pontuais no tempo e no espaço não seriam suficientes para comprovação de hipóteses de longo prazo.

Foram realizadas interpretações visuais de uma série histórica de imagens Landsat 5, no intervalo temporal de 1984 até 2010. As imagens são disponibilizadas digitalmente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Para isso, foram adotados os elementos de interpretação de imagens (JENSEN, 2009) em conjunto com o reconhecimento de campo. As imagens foram trabalhadas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), sendo utilizado o software Spring (CAMARA *et al.*, 1996). As imagens foram restauradas para pixels com valores de 10 metros, para detalhamento da escala de análise.

Foram diferenciados primeiramente os

depósitos fluviais do Córrego Água do Trajano das formações superficiais derivadas do Arenito Caiuá, desenvolvidas nas vertentes. Em segundo momento, a planície de inundação foi diferenciada em duas classes, a) depósitos arenosos recentes, e b) vegetação desenvolvida sobre a planície aluvial, sendo quantificadas em valores de área.

A extensão e o alcance dos depósitos arenosos sobre a planície aluvial em relação à cobertura vegetal permitem a compreensão dos eventos deposicionais que estão ocorrendo, conforme as relações reconhecidas na literatura entre processos fluviais e a vegetação (OSTERKAMP e HUPP, 2009). O alcance dos depósitos foi calculado em metros a partir início da drenagem. Foram calculadas as áreas construídas da área urbana de Terra Rica no decorrer do tempo, tendo como objetivo relacionar essas mudanças com as alterações geomorfológicas encontradas. A partir das informações adquiridas foi elaborado um modelo de evolução para a área, sendo comparado com o modelo proposto por Wolman (1967).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A extensão da área urbana de Terra Rica praticamente não se alterou durante o período analisado, com um total de 280 ha. Entretanto, a relação entre as áreas construídas e não-construídas modificou-se drasticamente (Figuras 2 e 3).

O Córrego Água do Trajano e as áreas à montante foram classificados em cinco diferentes segmentos (Figura 4). A área 1 corresponde à área urbana, que durante a fase de construção comportou-se como área fonte de sedimentos. Com o aumento da impermeabilização urbana, essa área adquiriu uma função de fornecedora de energia ao sistema, por meio do rápido escoamento das águas pluviais (LEOPOLD, 1991; RODRIGUEZ *et al.*, 2003; MCBRIDE e BOOTH, 2005; PAPPAS *et al.*, 2008).

A área 2 corresponde à vertente com uso do solo rural existente entre a área urbana e a drenagem original. Por causa do aumento

da concentração do escoamento pluvial, a atividade erosiva entalhou esses solos até o lençol freático, de forma que nessa área atualmente encontra-se a drenagem. Anteriormente ao período de imageamento (1984-2010), essa área pode ter lidado com processos deposicionais, pretéritos ao intenso processo erosivo, conforme o modelo de Wolman, mas não existem provas de que esse processo inicial de ajuste tenha ocorrido.

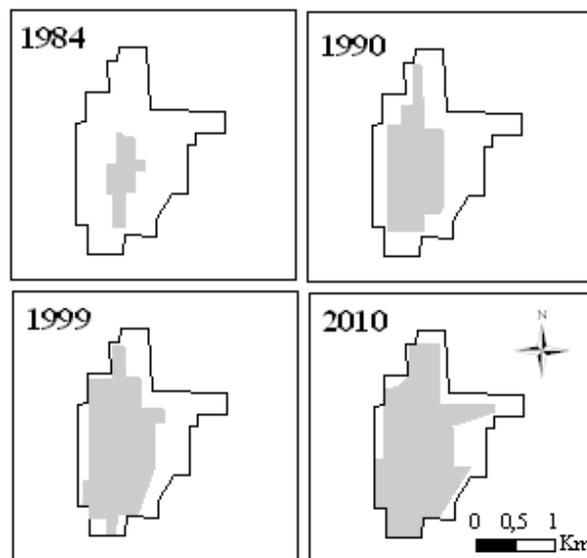


Figura 2: Evolução da área urbana de Terra Rica, os polígonos em cinza indicam as áreas com vias pavimentadas e densamente construídas.

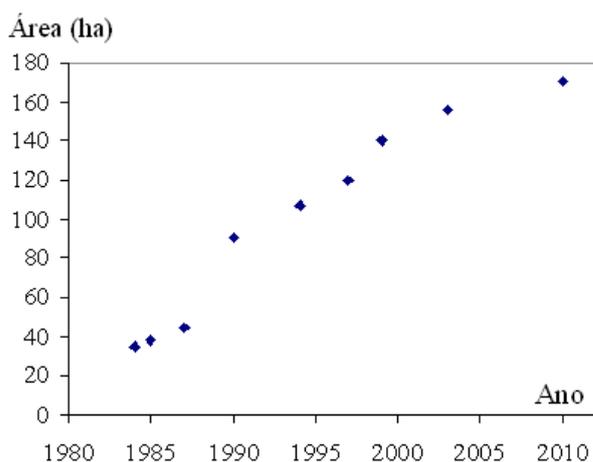


Figura 3: Aumento das áreas construídas na área urbana de Terra Rica.

A área 3 caracteriza-se como um trecho de transporte de sedimentos, onde não foram encontradas grandes modificações durante o período de monitoramento. A área 4 é primordial para este estudo, pois é definida

a partir da primeira fase deposicional (1984-1991), enquanto que a área 5 caracteriza a segunda fase deposicional (1991-2003).

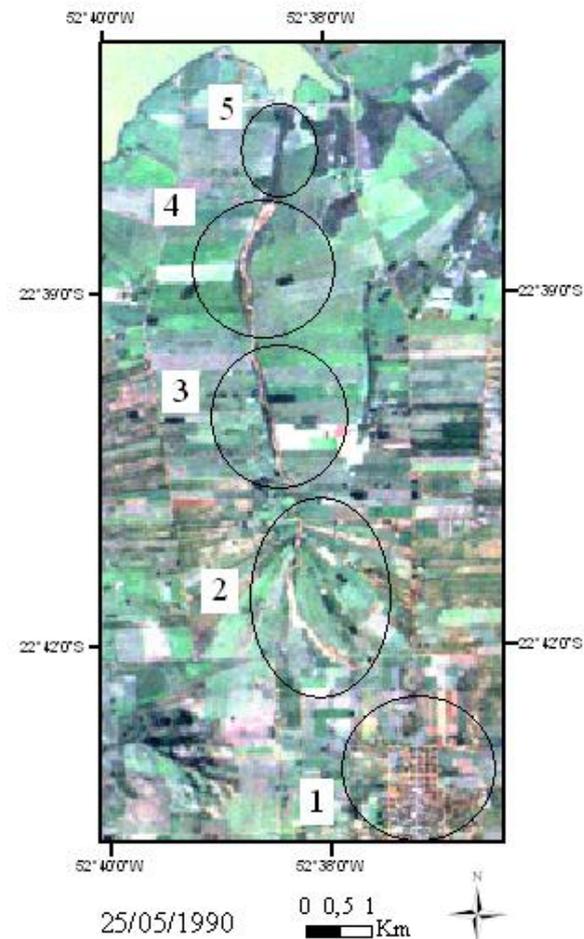


Figura 4: Classificação da bacia hidrográfica do Córrego Água do Trajano segundo suas características de erosão e deposição.

Durante o período de 1984-1991 a área 4 era a principal zona de deposição, caracterizando um primeiro ciclo (Figura 5). Como a imagem mais antiga do sensor utilizado é de 1984, não existe um registro exato de quando essa fase se iniciou, no entanto, como a área deposicional ainda estava avançando no período de 1984-1990 (aproximadamente 1100 metros), infere-se que este era um período de transição.

Nessa etapa, a planície aluvial nas áreas mais baixas do Córrego (Área 5), não foi atingida por essa deposição de material arenoso, de tal forma que apenas a quantidade de carga transportada no canal pode ter sido modificada nessa área. Essa carga pode ser

representada por sedimentos finos em suspensão e uma determinada quantidade de sedimentos arenosos que o canal possuía capacidade de transporte, não sendo depositados durante as cheias. O não-reconhecimento de depósitos sobre esse trecho da planície aluvial comprova essa hipótese.

O aumento da impermeabilização na área urbana próximo ao ano de 1990 (Figuras 2 e 3) provocou um incremento na energia mecânica dos fluxos de cheia, e conseqüentemente, na capacidade de carrear material, tanto na quantidade total como no diâmetro das partículas. Esse fenômeno incrementou os processos erosivos que já ocorriam nas áreas 2 e 3 e iniciou uma nova etapa na área 4, abandonando o caráter deposicional e iniciando uma incisão e alargamento do canal nessa área. Com isso, a área 5, mais à jusante, passou a lidar com processos deposicionais (Figura 6).

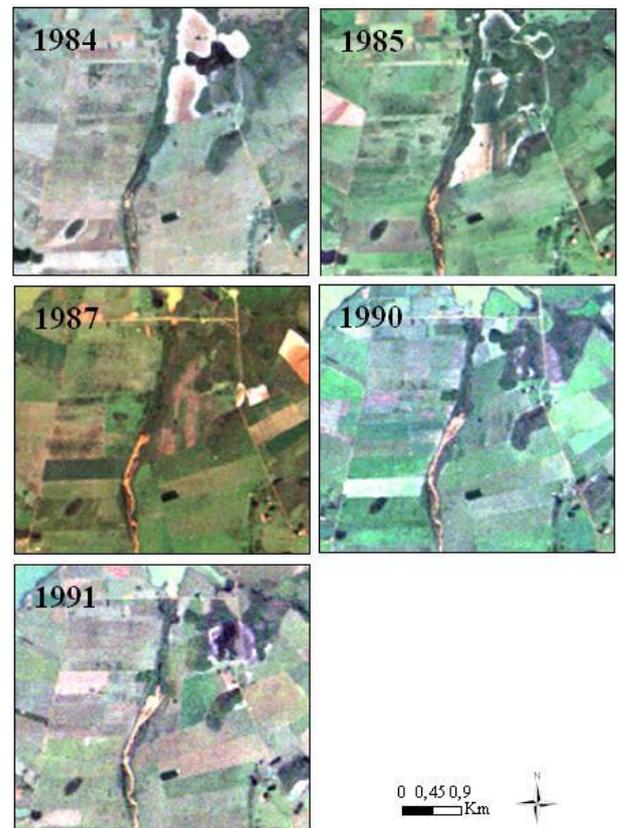


Figura 5: Primeiro ciclo de erosão e deposição de material arenoso. Os bancos arenosos (áreas claras no canal) não atingem toda a drenagem.

Essa segunda fase deposicional localiza-se a cerca de 1 km à jusante do local da primeira fase deposicional (Figura 5). Essa etapa foi reconhecida a partir de dois aspectos: o avanço dos depósitos arenosos sobre a área ainda não atingida e o desenvolvimento da vegetação sobre os depósitos arenosos da área 4, significando que os processos deposicionais não continuaram ativos, pois com o aumento da energia disponível o canal entalhou os depósitos aluviais e a vegetação pôde se desenvolver sobre o material depositado anteriormente. Essa etapa de deposição na área 5 ficou ativa até por volta dos anos de 2003- 2004. Após esse período, o Córrego Água do Trajano tem permanecido em um período de metaequilíbrio, no qual os intensos processos de erosão e deposição de sedimentos nas áreas 4 e 5 não têm sido registrados pelas imagens orbitais TM 5. Um processo menos intenso de transporte e deposição de partículas arenosas pode ser reconhecido nas áreas 3 e 4 para os anos atuais, por meio da presença de barras arenosas (Figura 7).

Os valores de areia exposta sobre a planície aluvial e o alcance de tais depósitos ao longo da planície foram plotados em gráficos no decorrer do tempo (Figuras 8 e 9). Nota-se que não existe uma relação linear direta entre a área construída e as outras duas variáveis. Não obstante, inicialmente essa relação é verdadeira, tornando-se estável e até inversa para a última metade dos gráficos. Na realidade, uma relação proporcional seria esperada entre a área de areia exposta na planície e a carga sedimentar transportada, de modo que o aumento das áreas construídas indica apenas o aumento da energia hídrica. Portanto, o comportamento semelhante a uma curva exponencial negativa e a inversão da relação apontam que a carga sedimentar disponível diminuiu. Isto pode ter ocorrido por meio da construção de obras de engenharia que atenuaram a energia das águas pluviais e o ajuste do perfil longitudinal, o qual esgotou a fonte sedimentar após o ciclo de erosão.

As relações encontradas nas Figuras 8 e 9 assinalam que o aumento da área urbana



Figura 6: Segundo ciclo de erosão e deposição de material arenoso (1992- 2003). Após esse período, a vegetação implantou-se nos antigos bancos arenosos expostos, demonstrando uma relativa estabilidade (2003-atual).

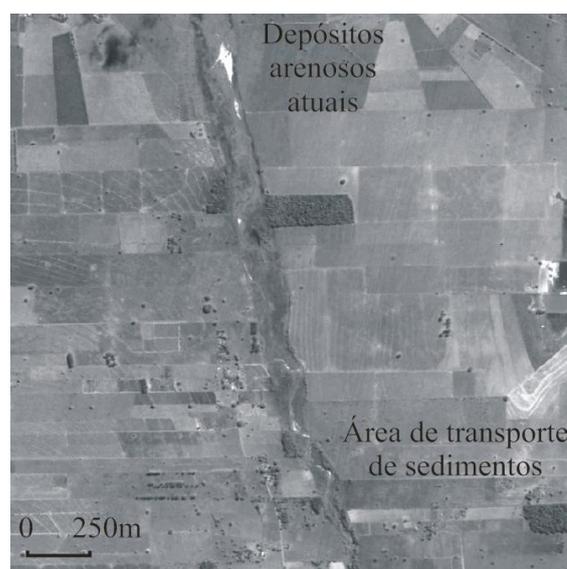


Figura 7: Transporte e deposição de partículas arenosas para o ano de 2009 (Imagem CBERS/HRC de 04/04/2009).

funcionou como um distúrbio no sistema, em que as variáveis analisadas voltaram, ou ainda estão voltando as suas características pretéritas. Isto não significa que todas as variáveis ambientais estão retornando a sua antiga configuração, elementos como a

distribuição das espécies vegetais na planície aluvial e a fauna associada podem ter sido modificadas em decorrência das mudanças físico-químicas dos depósitos, sem necessariamente estarem ajustando-se novamente.

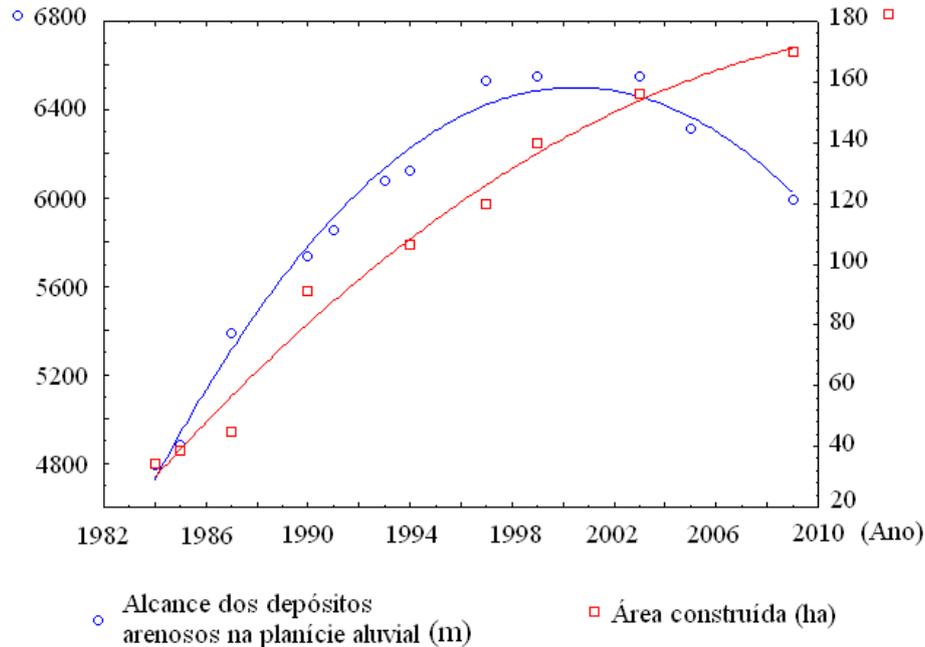


Figura 8: Variação da área construída de Terra Rica e o alcance à jusante dos depósitos arenosos sobre a planície aluvial do Córrego Água do Trajano reconhecidos pelas imagens TM5.

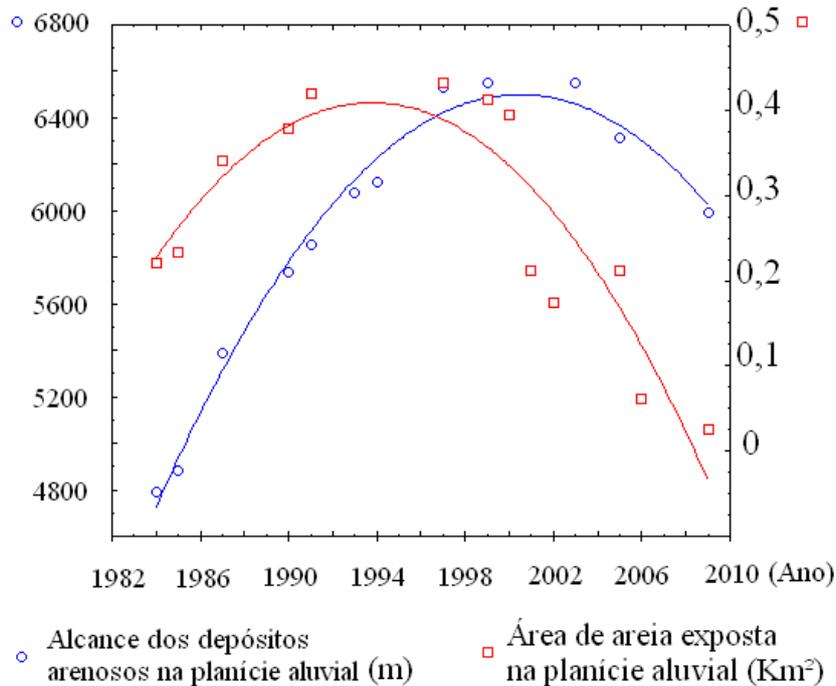


Figura 9: Diferentes tempos de resposta do alcance à jusante dos depósitos arenosos sobre a planície aluvial e a área de areia exposta.

As relações apresentadas na Figura 9 também auxiliam na interpretação dos dois ciclos de erosão (Figuras 5 e 6). Note-se que, aproximadamente entre os anos de 1990-2000, a área de areia exposta não é muito alterada, já o alcance desses depósitos na planície é modificado de forma que são transportados mais à jusante, demonstrando o aumento de energia e a mudança do ciclo deposicional. A partir dos resultados apresentados, é proposto um modelo de evolução para a área de estudo (Figura 10).

Em um primeiro momento, a área urbana, desprovida de qualquer cobertura superficial ou obras de contenção às águas pluviais, é uma importante fonte de sedimentos, de forma que, considerando o alcance dos depósitos arenosos sobre a planície aluvial, não foram depositados em áreas distantes. Por conseguinte, a área de deposição para essa etapa seriam locais próximos, como a própria vertente e os trechos mais altos da drenagem. As áreas

mais distantes da drenagem não passaram pelos efeitos mais intensos desses processos, como a deposição de cargas arenosas sobre a planície aluvial. Esse momento de ajuste não pode ser comprovado com as imagens orbitais disponíveis, porém é inferido a partir do modelo proposto por Wolman (1967).

Após esse primeiro momento, com a concentração do escoamento pluvial e a manutenção de grande parte da área urbana sem proteção, acrescentaram-se os processos erosivos na área urbana e na vertente, ocasionando a grande voçoroca existente atualmente. Nesse período, apenas a área 5 não apresentou processos significativos de deposição de sedimentos.

O importante estágio de construções na área urbana de Terra Rica no final da década de 80 e começo da de 90 levou a um incremento da energia potencial, o que reestruturou as áreas de erosão e deposição no sistema. A área urbana já não se comporta como uma área fonte de

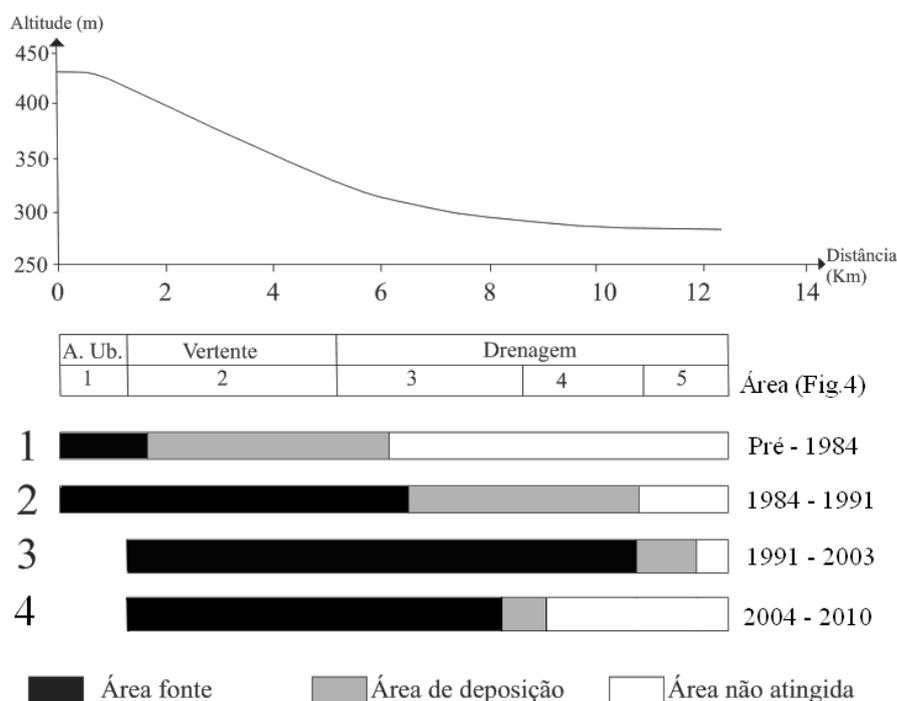


Figura 10: Modelo de ajuste de processos para o Córrego Água do Trajano. A. Ub. Equivale à área urbana do município de Terra Rica. O perfil longitudinal inicia no centro da área urbana de Terra Rica, acompanha a voçoroca produzida pelo escoamento das águas pluviais e toda a drenagem do Córrego Água do Trajano. Os quatro perfis acima representam cada momento de ajuste dos processos, sendo que o momento 1 é inferido a partir de Wolman (1967), e os outros três são elaborados a partir das Figuras 5, 6, 7, 8 e 9.

sedimentos, pela impermeabilização do solo. A área de deposição é então transposta à jusante da área de deposição do estágio anterior, respondendo ao aumento de energia. Nesse estágio, é importante registrar que, apesar de a área fonte de sedimentos ser a maior, muito do material da vertente já fora carreado nos ciclos anteriores. Dessa maneira, tem-se uma extensa área fonte, mas com menor quantidade disponível de sedimentos. No último momento de ajuste, a diminuição da carga sedimentar disponível e a realização de obras mitigadoras nas rodovias e galerias pluviais provocam a deposição de carga arenosa mais à montante no perfil e uma menor extensão das barras expostas na planície aluvial para os últimos anos de evolução.

Esse modelo é específico para a área de estudo e complementar em relação ao modelo desenvolvido por Wolman (1967) (Figura 11).

Esse modelo conceitual prediz que durante a fase da construção urbana, a acelerada erosão nas vertentes aumenta a taxa de produção de sedimentos, iniciando uma fase de deposição no leito e nas margens do canal (Fase de Agradação). Após o fim da construção da área urbana, a fonte de sedimentos diminui, porém com as cheias mais intensas provocadas pela impermeabilização urbana o canal inicia uma segunda fase, de incisão e alargamento (Fase de Erosão).

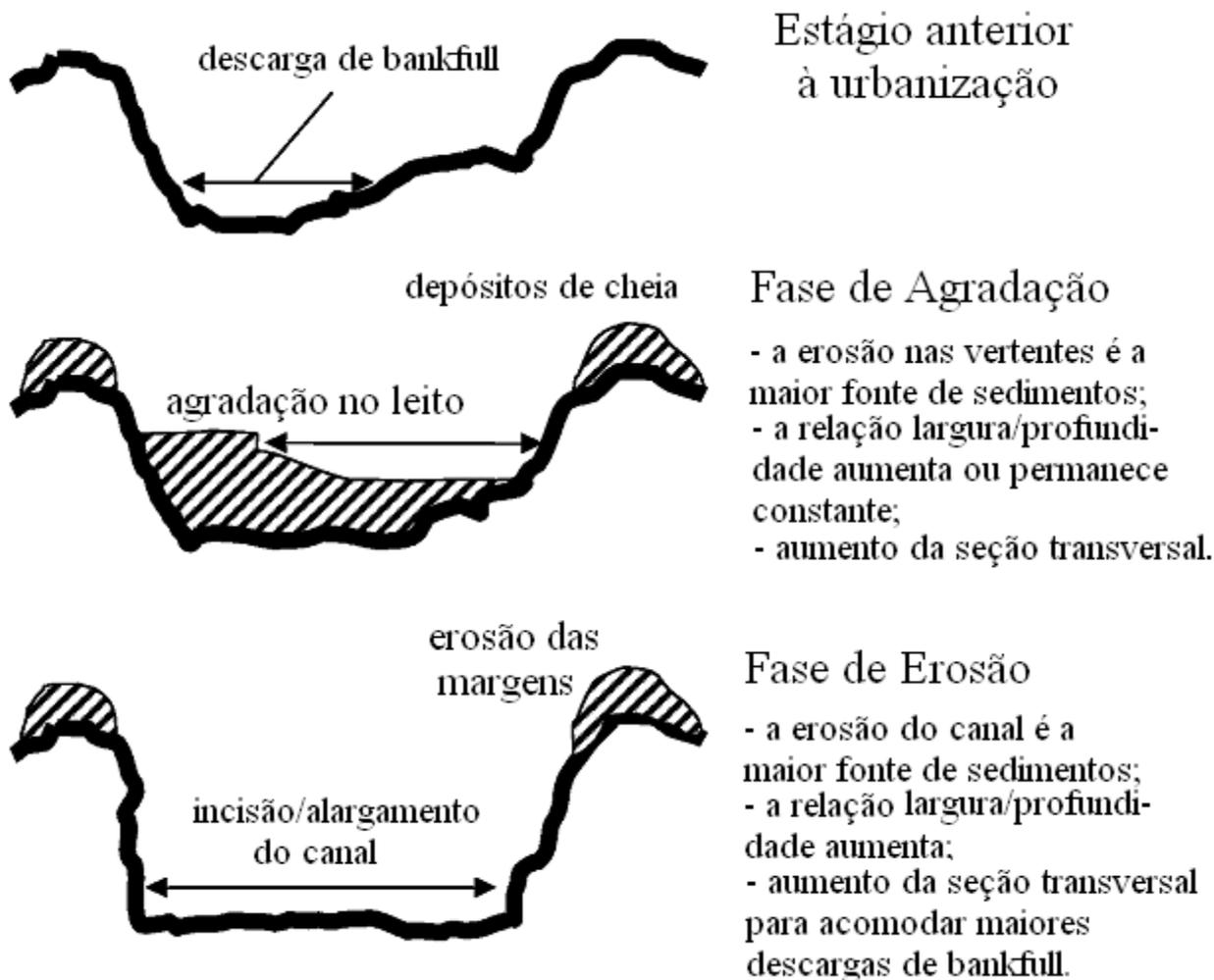


Figura 11: Modelo conceitual tradicionalmente utilizado na análise das mudanças geomorfológicas impostas ao canal fluvial pela urbanização (WOLMAN, 1967) e de acordo com Oliveira e Queiroz Neto (1994), Paul e Meyer (2001), Yuan *et al.* (2006), Colosino e Wilcock (2007) e Charlton (2008).

Fonte: Modificado de Paul e Meyer (2001).

Esse modelo é amplamente citado na bibliografia e possui correspondência com muitas situações reais, inclusive em parte com o presente estudo de caso, mas não é a única forma e sequência de ajustes fluviais possíveis. O estudo de caso no Córrego Água do Trajano representa uma dessas situações em que o modelo tradicional não abarca inteiramente a resposta do sistema fluvial à impermeabilização urbana, principalmente nas áreas mais rebaixadas do perfil longitudinal, que apresentaram apenas características deposicionais. Esse sistema fluvial possui diferentes respostas à urbanização com variações espaçotemporais, com três ciclos de erosão e deposição reconhecidos, espacialmente diferenciados, de forma que existe a possibilidade de a evolução proposta por Wolman ter ocorrido anteriormente, resultando em quatro ciclos diferenciados.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

De acordo com Charlton (2008), a resposta do sistema fluvial às mudanças é frequentemente complexa por causa das muitas inter-relações que existem entre os diferentes componentes do sistema. Em bacias hidrográficas urbanizadas, essa complexidade pode ser ainda mais pronunciada, pois ocorre a intensificação de alguns processos em curto intervalo temporal. Durante o processo inicial de construção da área urbana, inicia-se um ajuste sistêmico, muito bem explicado pelo modelo de Wolman (1967), porém a cada avanço de áreas urbanas sobre as áreas rurais e a cada aumento de áreas construídas dentro da área urbana iniciam-se novos ciclos de ajuste, que podem mascarar ou incrementar os efeitos dos ajustes anteriores.

Por causa dessa complexidade envolvida, é recomendado evitar a adoção de modelagens generalistas da realidade, sendo necessário analisar cada sistema e seus componentes em seu contexto ambiental local. Variações na topografia, no perfil longitudinal do canal, no substrato geológico e na própria evolução da área urbana podem

produzir inúmeras formas de ajuste do sistema fluvial em relação à impermeabilização urbana.

O estudo de caso, baseado principalmente em evidências do sensoriamento remoto, demonstra como o ajuste do sistema fluvial às novas condições da bacia pode ser amplo e variado no tempo-espaço. Tanto a área de areia exposta na planície aluvial quanto o alcance desses depósitos à jusante foram drasticamente alterados durante uma escala temporal de décadas e estão voltando as suas configurações originais. O comportamento encontrado assemelha-se em parte com o descrito por Graf (1977), que propõe um modelo exponencial negativo de ajuste para variáveis em geomorfologia fluvial. Entretanto, após um período inicial, as duas variáveis assumem uma relação inversamente proporcional com o aumento das áreas construídas na área urbana. Isto ocorreu possivelmente por meio do esgotamento da fonte sedimentar.

Tais modificações no meio físico da planície aluvial do Córrego Água do Trajano certamente não alteraram apenas as variáveis como dinâmica de fluxo, arquitetura e composição dos depósitos, mas também podem alterar toda uma dinâmica ecossistêmica da biota associada. Atualmente, a vegetação que colonizou os depósitos arenosos possui porte arbustivo, muito diferente da Floresta Estacional Semidecidual, nativa da região. Desta forma, questiona-se: qual é o papel dos gerenciadores públicos em relação a essas áreas? Deixá-las simplesmente em recuperação aleatória, na qual se desenvolvem ecossistemas que não correspondem aos existentes originalmente, como tem ocorrido? Esse ainda é um tema pouco explorado pelas áreas das Geociências e das Ciências Biológicas de forma conjunta e sistêmica, podendo-se destacar o estudo de (WALTERS *et al.*, 2003).

Apesar da aparente singularidade deste estudo de caso, a região do Noroeste paranaense, Oeste paulista e regiões do Mato Grosso do Sul e Paraguai têm apresentado semelhantes formas de ajustes do sistema

fluvial ao uso do solo urbano. Neste sentido, salienta-se a necessidade de novos estudos sistemáticos referentes aos efeitos da urbanização nos sistemas fluviais, em uma abordagem conjunta entre as alterações do meio físico e as respostas ecológicas da área.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas e professores do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente – GEMA e do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, pelas oportunidades e conhecimentos oferecidos e aos revisores, pelas críticas e sugestões que vieram a contribuir com o trabalho.

REFERÊNCIAS

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M. FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. London: Routledge. 234, p. 2008.

CHIN, A. Urban transformation of river landscapes in a global context. **Geomorphology**, v. 79, n. 3-4, p. 460–487, 2006.

CHIN, A. e GREGORY, K. J. Urbanization and Adjustments of Ephemeral Stream Channels. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 91, n. 4, p. 595-608, 2001.

CHIN, A. e GREGORY, K. J. Managing Urban River Channel Adjustments. **Geomorphology**, v. 69, n. p. 28-45, 2005.

COLOSINO M. F. C. e WILCOCK, P. R. Alluvial Sedimentation and Erosion in an Urbanizing Watershed, Gwynns Falls, Maryland. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 43, n. 2, p. 499-521, 2007.

DOWNS, P. W. e GREGORY, K. J. **River Channel Management: Towards Sustainable Catchment Hydrosystems**. Londres: Arnold, 2004.

FRALEY, L. M.; MILLER, A. J.; WELTY, C. Contribution of In-Channel Processes to Sediment Yield of an Urbanizing Watershed. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 45, n. 3, p. 748-766, 2009.

GALSTER, J. C.; PAZZAGLIA, F. J.; GERMANOSKI, D. Measuring the impact of urbanization on channel widths using historic aerial photographs and modern surveys. 2008. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 44, n. 4, p. 948-960, 2008.

GASPARETTO, N. V. L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o arenito Caiuá**. Tese de Doutorado. São Paulo, SP, 1999, 172 p.

GILVEAR, D. e BRYANT, R. Analysis of Aerial Photography and Other Remotely Sensed Data. In: KONDOLF, G. M. e PIÉGAY, H. **Tools in fluvial geomorphology**. New York: Wiley, 2003, p. 135-70.

GRAF, W. L. The Rate Law in Fluvial Geomorphology. **American Journal of Science**, v. 277, p. 178-191, 1977.

GREGORY, K. J. The human role in changing river channels. **Geomorphology**, v.79, n. 3-4, p. 172-191, 2006.

GUY, H. P. Remote Sensing Techniques for evaluation of urban erosion and sedimentation. Effects of Man on the Interface of the Hydrological Cycle with the Physical Environment, **IAHS Publication**, v. 113, p. 145-149, 1974.

IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sul**, 2ª edição. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, p.189-216, 1990.

- JAMES, L. A. e MARCUS, W. A. The human role in changing fluvial systems: Retrospect, inventory and prospect. **Geomorphology**, v. 79, n. 3-4, p. 152-171, 2006.
- JENSEN, J. Sensoriamento Remoto do Ambiente: **Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**: tradução: EPIPHANIO J. C. N. (coordenador)... (*et al.*). 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- KANG, S. R. e RICHARD, A. Marston. Geomorphic effects of rural-to-urban land use conversion on three streams in the Central Redbed Plains of Oklahoma. **Geomorphology**, n.79, p. 488-506, 2006.
- LATRUBESSE, E. M. AMSLER, M. L, MORAIS, R. P, AQUINO, S. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. **Geomorphology**, v. 113, n. 1-2, 2009, p. 239-252..
- LEOPOLD, L. B. Lag time for small drainage basins. **Catena**, v. 18, n.2, 1991, p. 157-171.
- MARTINEZ, J. M.; GUYOT, J.L.; FILIZOLA, N.; SONDAG, F. Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. **Catena**, v. 79, n. 3, 2009, p. 257-264.
- MCBRIDE, M. e BOOTH, D. B. Urban Impacts on Physical Stream Condition: Effects of Spatial Scale, Connectivity, and Longitudinal Trends. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 41, n. 3, 2005, p. 565-580.
- MERTES, L. A. K. Rates of flood-plain sedimentation on the central Amazon River. **Geology**, v. 22, 1994, p. 171-174.
- NAKASHIMA, P. Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná: Distribuição e Subsídios para o Controle da Erosão. 1999. Tese **Tese de Doutorado em Geografia Física**. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- NELSON, P. A.; SMITH, J. A.; MILLER, A. J. Evolution of channel morphology and hydrologic response in an urbanizing drainage basin. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 31, n.9, 2006, p. 1063-1079.
- OLIVEIRA, A. M. DOS S. Depósitos Tecnogênicos Associados à Erosão Atual. In VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Salvador. **Anais...** Salvador, ABGE. vol.1, 1990, p. 411-418.
- OLIVEIRA, A. M. DOS S. & QUEIROZ NETO, J. P. DE. Depósitos Tecnogênicos Induzidos pela erosão acelerada no Planalto ocidental paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, n.73, 1994, p. 91-123.
- OSTERKAMP, W. R. & HUPP, C. R. Fluvial processes and vegetation — Glimpses of the past, the present, and perhaps the future. **Geomorphology**, v. 116, n. 3-4, 2009, p. 274-285.
- PAPPAS, E. A.; SMITH, D. R.; HUANG, C.; SHUSTER, W. D.; BONTA, J. V. Impervious surface impacts to runoff and sediment discharge under laboratory rainfall simulation. **Catena**, n. 72, 2008, p. 146-152..
- PAUL, M. J. e MEYER, J. L.; Streams in the Urban Landscape. **Annual Review of Ecology & Systematics**, v. 32, 2001, p. 333-365.
- RODRIGUEZ, F.; ANDRIEU, H.; CREUTIN, J. Surface runoff in urban catchments: morphological identification of unit hydrographs from urban databanks. **Journal of Hydrology**, v. 283, n. 1-4, 2003, p. 146-168.
- SOUZA, M. L. de. Proposta de um Sistema de Classificação de Feições Erosivas Voltados à Estudos de Procedimentos de Análises de

Decisões Quanto a Medidas Corretivas, Mitigadoras e Preventivas: aplicação no município de Umuarama. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2001, 284p.

TRIMBLE, S. W. Contribution of stream channel erosion to sediment yield from an urbanizing watershed. **Science**, v. 278, n. 5342, 1997, p.1442-1444.

WALTERS, D. M.; LEIGH, D. S.; BEARDEN A. B. Urbanization, sedimentation, and the homogenization of fish assemblages in the Etowah River Basin, USA. **Hydrobiologia**, v. 494, n. 1-3, 2003, p. 5-10.

WASHBURNE, C. W. Petroleum Geology of the State São Paulo. Boletim número 22 – Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, 1930.

WOLMAN, M. G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Geographiska Annaler**, v. 49, 1967, p. 385-395.

WOLMAN, M. G. Erosion in the Urban Environment. **Bulletin des Sciences Hydrologiques**, v. 20, n.1, 1975, p.117–124..

YUAN, W.; JAMES, P.; YANG, K. Impact of Urbanization on Structure and Function of River System – Case Study of Shanghai, China. **Chinese Geographical Science**, v. 16 n.2, 2006, p. 102-108.

Data de recebimento: 10.06.2010.

Data de aceite: 25.10.2010.