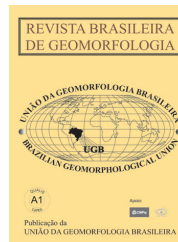




www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 14, n° 4 (2013)



CICLOS DE EROÇÃO E SEDIMENTAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS DO NOROESTE PARANAENSE E SUAS IMPLICAÇÕES NO AJUSTE DE SISTEMAS FLUVIAIS

CYCLES OF EROSION AND SEDIMENTATION IN URBAN WATERSHEDS OF NORTHWEST PARANÁ AND ITS IMPLICATIONS ON ADJUSTMENTS OF FLUVIAL SYSTEMS

Otávio Cristiano Montanher

*Universidade Estadual de Maringá - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Av. Colombo, 5.790 • Jd. Universitário
• Maringá - Paraná - Brasil • CEP 87020-900 – Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente – Universidade
Estadual de Maringá. Av. Colombo, 5790 – Jardim Universitário – Maringá - CEP 87.020-900.
E-mail: otaviocmontanher@yahoo.com.br*

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
14/02/2013

Data de Aprovação:
06/08/2013

Palavras-chave:

Geomorfologia fluvial;
urbanização; sensoriamento
remoto.

Keywords:

Fluvial geomorphology;
urbanization; remote sensing.

Resumo

Apesar dos avanços ocorridos a partir da década de 1950 na compreensão de como as mudanças na cobertura do solo promovem alterações nos processos e formas de canais fluviais, alguns tópicos específicos ainda merecem discussão. Neste trabalho um extenso banco de dados remotamente sensoriados, composto por imagens orbitais e fotografias aéreas foi aplicado à interpretação de como os sistemas fluviais de grandeza até poucas dezenas de quilômetros quadrados responderam ao crescimento urbano ocorrido a partir da década de 1970 no noroeste do Paraná. Após o tratamento e interpretação dos dados, os resultados foram comparados com os modelos de ajuste de processos de Wolman (1967) e Oliveira e Queiroz Neto (1993). Os estudos de caso apresentam alta variação temporal e espacial de ajustes, os quais são correlacionados em parte com os modelos descritos anteriormente na literatura, de forma que foram encontradas importantes mudanças geomorfológicas que não foram citadas nos modelos tradicionais. Tais informações são um elemento chave na compreensão das condições ambientais relacionadas ao gerenciamento e recuperação de canais urbanos degradados.

Abstract

Despite the advances occurred from the 50's in understanding of how changes in the soil coverage induce alterations in fluvial channel processes and forms, some specific topics deserve further discussion. In this paper, a large remote sensing database composed of orbital images and aerial photographs was used for interpretation of how the fluvial systems of size up to few square kilometers reacted to urban growing occurred from the 70's in the northwest of Paraná. After the treatment and interpretation of data, the results were compared to the processes adjustment models of Wolman (1967) and Oliveira e Queiroz Neto (1993). These study cases show high temporal and spatial variation of adjustments,

which are correlated partly to the models described previously in the bibliography, so were found important geomorphologic changes that were not mentioned in the well-known models. Such information constitutes a key element for understanding environmental conditions related to the management and recovery of degraded urban stream channels.

Introdução

Desde as contribuições apresentadas por Gregory (2006) na segunda metade do século XX, os efeitos menos aparentes do uso e cobertura do solo sobre os canais fluviais tem sido mais bem compreendidos. As construções urbanas, e consequente impermeabilização do solo, possuem um forte potencial para gerar amplas mudanças geomorfológicas e sedimentológicas em sistemas fluviais (Wolman, 1967; Downs e Gregory, 2004; Gregory 2006). Porém, a predição da natureza e quantidade de prováveis mudanças em um local particular permanece um desafio em muitos casos específicos (Gregory, 2006; James e Marcus, 2006). Portanto, pesquisas que demonstrem as variações espaciais e temporais de ajustes longitudinais em uma escala de rede de drenagem são necessárias para melhorar a compreensão e modelagem da resposta geomorfológica de pequenos sistemas fluviais à urbanização.

Diversas pesquisas foram realizadas com este tema, principalmente a partir da década de 70 (Chin, 2006), com variados focos e bases de dados. Oliveira e Queiroz Neto (1993) sugeriram um modelo evolutivo de adaptação das drenagens do planalto ocidental paulista em relação às mudanças na cobertura do solo, das florestas originais para áreas urbanas. Neste trabalho os autores elaboraram uma hipótese, baseada a partir da observação e descrição de centenas de perfis de voçorocas, muito semelhante à proposta de Wolman (1967), baseada em dados quantitativos de produção de sedimentos, medidos *in situ* e inferidos a partir das condições de uso e ocupação do solo da bacia. Wolman (1967) é um clássico em geomorfologia fluvial, conforme indicado por Gregory (2006), o qual apresenta uma contribuição chave para a compreensão de como as mudanças no uso do solo de uma bacia produzem mudanças na morfologia e padrão dos canais fluviais. Embora pouco citado na literatura nacional, esta obra apresentou um modelo cíclico de sedimentação e erosão em canais fluviais urbanos, baseado em dados quantitativos e décadas anteriores ao trabalho de Oliveira e Queiroz Neto (1993), por exemplo.

No Brasil, existe um amplo referencial bibliográfico com relação às mudanças de grandes sistemas fluviais, principalmente relacionadas com as interferências de represamentos para geração de energia elétrica, como por exemplo, Souza Filho, (2009) e Stevaux et. al., (2009). No entanto, o estudo das mudanças de pequenos sistemas fluviais não possui o mesmo direcionamento. Apesar de Gupta e Ahmad (1999) e Gupta (2002) apresentarem a crescente relevância do estudo de geoindicadores nas áreas intertropicais, controversamente Chin (2006) não faz referências a trabalhos (escritos no idioma inglês) desenvolvidos sobre a influência de áreas urbanas

na morfologia de sistemas fluviais na América do Sul.

Vista tal importância e determinada carência de pesquisas relacionadas ao tema, este trabalho tem como objetivo apresentar alguns estudos de caso sobre os ajustes de sistemas fluviais, da grandeza de até poucas dezenas de quilômetros quadrados, acarretados pelo desenvolvimento urbano ocorrido após a década de 1970 no noroeste paranaense e relacioná-los com os modelos usualmente citados na literatura. A região noroeste do Paraná possui relevantes processos e formas características de ambientes fluviais de baixa ordem que são controlados pelas alterações impostas ao regime hidrológico pelas áreas urbanas (MONTANHER, 2010). A extensa rede de cidades implantadas nos interflúvios é uma importante determinante dos processos modificadores do sistema hidrogeomorfológico. Importantes trabalhos foram realizados nesta região com o objetivo de analisar os processos erosivos e propor soluções mitigadoras para tal, (NAKASHIMA, 1999; SOUZA, 2001). Entretanto, não foi realizado nenhum trabalho com objetivo de pesquisar as alterações nas formas fluviais decorrentes destes processos, na escala espacial de abordagem proposta neste artigo.

Metodologia

Grande parte dos trabalhos desenvolvidos sobre os efeitos da urbanização em canais fluviais baseiam-se em dados morfológicos de seções transversais em amostras pontuais (CHIN, 2006). A amostragem de seções transversais, ou de produção de sedimentos em um único ponto através de uma série temporal não permite inferir quais são os processos que estão ocorrendo ao longo do perfil longitudinal do canal. Da mesma forma, uma amostragem em diversos pontos do perfil longitudinal, mas em uma, ou mesmo em várias datas, porém com insuficiente amplitude temporal, também não permite a elaboração de hipóteses de longo prazo, além do fato de que os pontos de amostragem podem estar sob condições locais que mascaram o funcionamento do conjunto. Portanto, este estudo foi realizado a partir de uma base de dados remotamente sensoriada e saídas a campo para reconhecimento das feições. O sensoriamento remoto tem sido utilizado por diversos pesquisadores de sistemas fluviais em variadas escalas espaciais e temporais (GILVEAR e BRYANT, 2003). Tal sucesso na obtenção de dados em geomorfologia fluvial baseia-se na visada sinóptica, de ampla escala espacial e com a possibilidade de repetição temporal, características consideradas fundamentais para análise dos ajustes que o sistema fluvial pode estar lidando.

Primeiramente os dados foram adquiridos, descritos na Tabela 1, e um banco de dados em ambiente SIG foi gerado, utilizando-se os aplicativos SPRING 5.1.7 (CÂMARA et al., 1996) e Arcgis 9.2 (ESRI, 2006). As áreas de erosão e deposição nos Ribeirões Pinhalzinho II e Chapecó foram identificadas por meio de interpretação visual, com uso do conceito Multi e a convergência de evidências (JENSEN, 2009). Para o Córrego Água do Trajano, as proporções espaciais dos ajustes do sistema permitiram o mapeamento das áreas de areia exposta na planície aluvial por meio de imagens TM, restauradas para 15 metros, e a classificação por máxima verossimilhança. Posteriormente os dados adquiridos foram correlacionados com a base teórica de Wolman (1967) para Maryland, nordeste dos Estados Unidos e Oliveira e Queiroz Neto (1993), para o planalto Ocidental Paulista, para avaliação de como a modelagem já existente relaciona-se com os ajustes regionais do noroeste paranaense.

Tabela 1: Descrição dos dados Utilizados

Dado	Quantidade/origem	Período/Município	Descrição
Imagens Landsat 5 Sensor TM O.P. 223/076	23 - www.dgi.inpe.br	1984 – 2010 Terra Rica	Alta repetitividade temporal e baixa resolução espacial para pesquisas em canais urbanos, mas forneceu dados adequados em Terra Rica.
Imagens CBERS 2B - Sensor HRC	3 - www.dgi.inpe.br	2008 – 2010 Umuarama e Terra Rica	Alta resolução espacial, mas há disponibilidade em curto intervalo temporal: 2007 – 2010.
Fotografias Aéreas	24 – Instituto Brasileiro de Café - UEM	1970 - Maringá e Umuarama	Escala de 1:25.000, de fundamental importância, por serem os registros mais antigos.
Fotografias Aéreas	8 – Prefeitura Municipal de Maringá/ UEM-ftp	1977 – 1995 Maringá	Escala de 1:8.000, permitindo a identificação de ravinas e pequenos lobos deposicionais no Rib. Chapecó.
Imagens Compostas Ikonos/ Quickbird	12 – www.google.com/earth	2002 – 2010 Umuarama e Maringá	Alta resolução espacial, adquiridos em composição colorida, por fusão entre bandas de diferentes resoluções.

Resultados e Discussões

Ribeirão Chapecó – Maringá/Mandaguaçu

Como as águas pluviais concentradas nas ruas de Igua-temi (distrito de Maringá) e na BR 376 não foram adequadamente canalizadas ao Ribeirão Chapecó, formaram-se duas grandes ravinas, feições que forneceram amplas quantidades

de sedimentos ao sistema, desde o início da década de 1970 até o final de década de 1990 (Figura 1B). Tal carga de sedimentos fora depositada cerca de três quilômetros à jusante, em um represamento artificial construído por volta do ano de 1980 (Figura 1A).

Os bancos arenosos existentes na drenagem, após a contribuição da feição erosiva, em B, foram removidos e depositados novamente à jusante, terminadas as obras de contenção do ravinamento, por volta de 1999. Isto levou ao preenchimento de material sedimentar na represa, conforme representado em A. Trabalhos de campo foram realizados nesses depósitos, e as sondagens a trado apresentam uma espessa camada de areia fina a média com lentes de argila, abaixo de uma camada argilosa no topo, rica em material orgânico. O perfil total em alguns lugares pode ultrapassar sete metros de espessura, o que denota os intensos processos deposicionais que ocorreram no local em poucas décadas.

Córrego Água do Trajano - Terra Rica

O aumento das áreas construídas e pavimentadas de Terra Rica entre o final da década de 1970 e meados da década de 1990, em conjunto com a falta de obras de canalização das águas pluviais, provocaram o surgimento de uma grande voçoroca. Esta feição forneceu grandes quantidades de sedimentos ao Córrego água do Trajano, influenciando diretamente áreas localizadas até aproximadamente dez quilômetros de distância do centro urbano (MONTANHER, 2010). As áreas de areia exposta no perímetro da planície aluvial foram classificadas e mapeadas no período compreendido entre 1984 e 2010 (Figura 2).

Entre o ano de 1984 e a primeira metade da década de 2000 os depósitos arenosos avançam aproximadamente 1800 metros à jusante, o que denota o aumento da força do escoamento superficial, provocado pelo aumento das áreas construídas no centro urbano, de 30 hectares em 1984 para mais de 160 hectares em 2010 (MONTANHER, 2010). Porém, a partir do ano de 2001, tanto a extensão dos depósitos, quanto seu alcance ao longo da drenagem, reduziram até que atualmente existem poucas barras arenosas, presentes nos trechos mais à montante da drenagem. Isto pode ser relacionado tanto com o esgotamento da fonte sedimentar, já que na voçoroca o fluxo hídrico atualmente flui sobre a rocha, quanto à construção de obras de engenharia que contribuem para a diminuição da força do escoamento superficial.

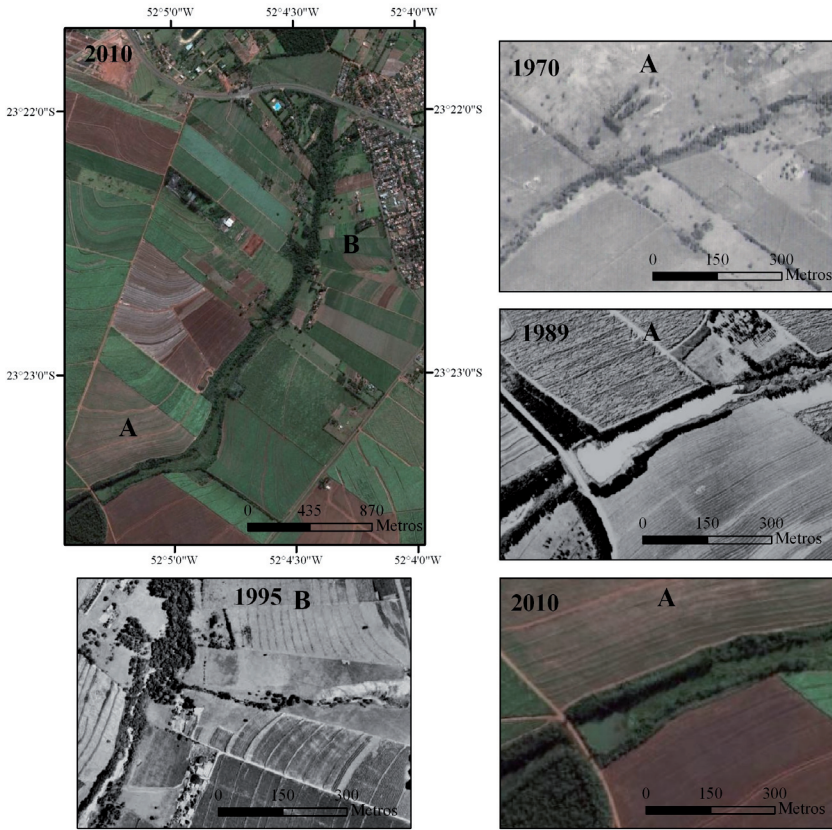


Figura 1 – Em 1995 a ravina formada pela concentração das águas pluviais da área urbana fornecia grandes quantidades de sedimentos ao canal (B). A partir da construção de uma represa artificial, os sedimentos originados quilômetros à montante foram preenchendo a lagoa (A).

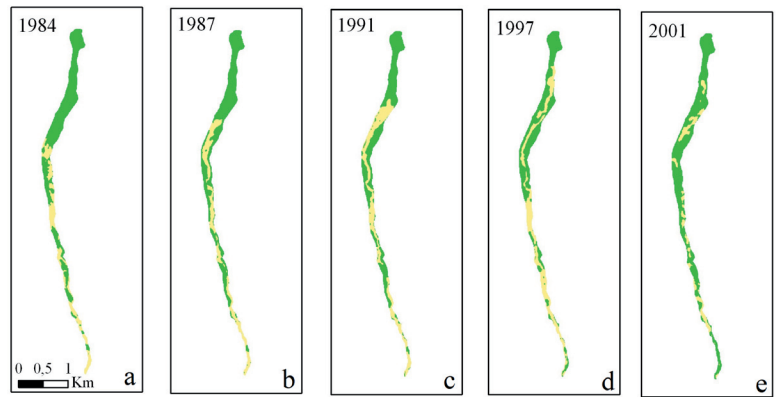
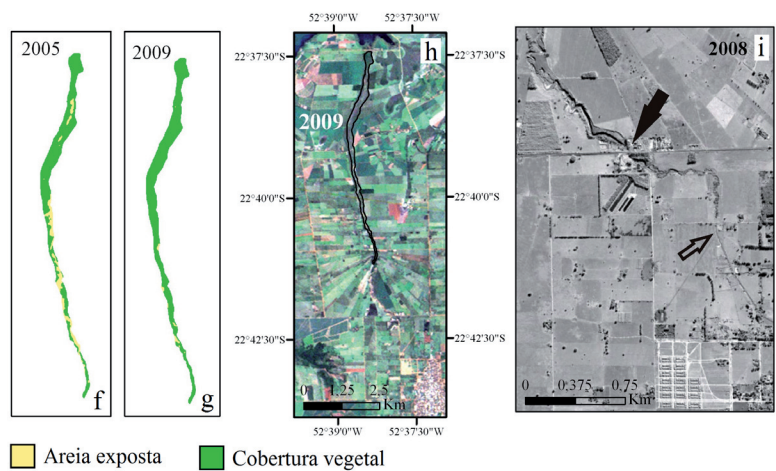


Figura 2 – Os quadros: a, b, c, d, e, f, e g apresentam a evolução da distribuição dos depósitos arenosos na planície aluvial do Córrego Água do Trajano entre os anos de 1984 e 2009. O quadro h apresenta a área urbana e a localização da planície representada nos outros quadros. O quadro i inclui detalhe no local do início de formação da voçoroca nas proximidades da área urbana.



Ribeirão Pinhalzinho – Umuarama

O município de Umuarama possui a maior malha urbana sobre os solos de textura arenosa do noroeste paranaense. Igualmente nas outras áreas, foram encontrados problemas de infra-estrutura, de canalização e retenção das águas pluviais na década de 1970. Isto levou à formação de importantes feições erosivas na área urbana e grandes transformações geomorfológicas no canal do Ribeirão Pinhalzinho (Figura 3).

Nos trechos situados nos limites, ou no interior da área urbana, as drenagens lidaram com processos deposicionais, e um posterior forte entalhamento do talvegue (A), conforme previsto no modelo tradicional. Em B, o intenso transporte de material provindo das áreas mais altas provocou uma planação lateral de até 180 metros, onde inicialmente o canal fluía sobre o substrato rochoso, entretanto, o fluxo volta a entalhar o leito, resultando em uma adaptação próxima à prescrita por Wolman (1967). Contudo, uma forma de ajuste

diferente foi encontrada nas áreas mais afastadas, como em C, por exemplo. A intensa deposição de sedimentos próxima às margens do canal provocou o barramento dos afluentes e o acúmulo de água, formando lagoas artificiais.

Comparação dos Modelos

O modelo de Wolman (1967) assume um estágio inicial de estabilidade do canal, no qual a bacia está ocupada pela cobertura vegetal natural ou por uso agrícola. Em um segundo momento, as construções urbanas na bacia expõem o solo ao escoamento superficial, proporcionando altas taxas de carga sedimentar ao canal. No terceiro estágio, a implantação da malha urbana propicia altas de impermeabilização do solo e, conseqüentemente, altos valores de escoamento superficial. Tal evolução está ligada às respectivas condições do canal: a) seção estável, b) sedimentação e c) erosão do leito e das margens (Figura 4.1).

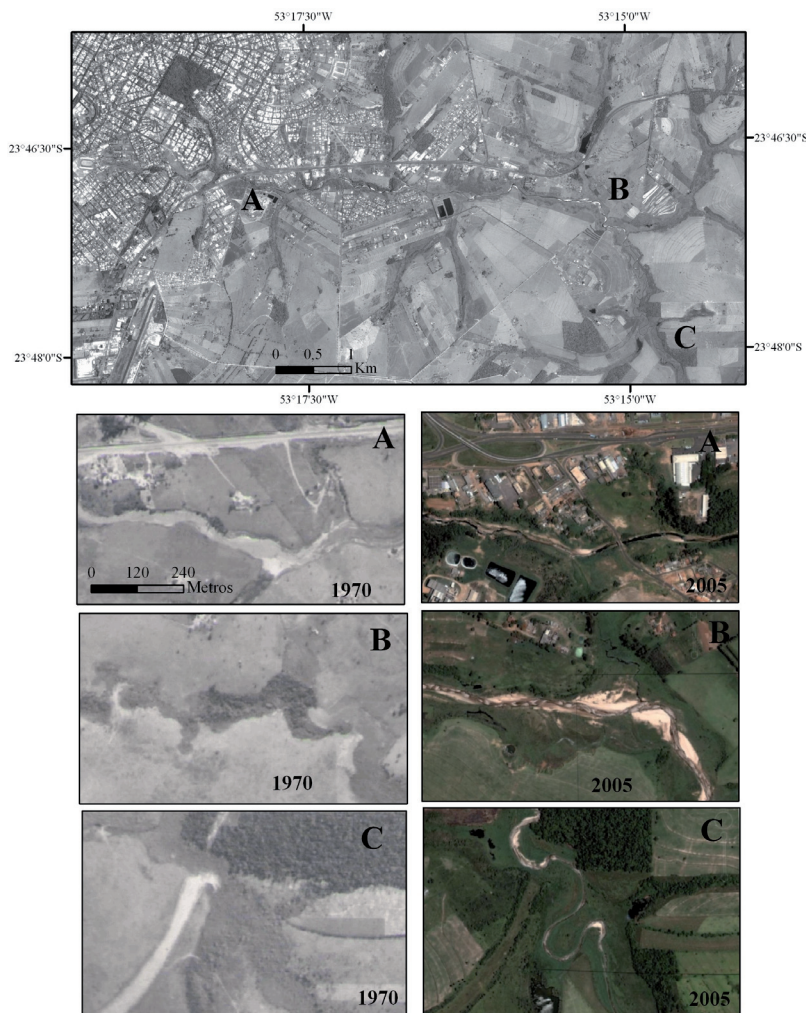


Figura 3 – Principais ajustes geomorfológicos encontrados no Ribeirão Pinhalzinho.

O modelo de Wolman (1967) é amplamente aceito e citado na bibliografia internacional e está em acordo com o modelo de Oliveira e Queiroz Neto (1993). Entretanto os estudos de caso apresentados neste artigo suportam a afirmação de que existem condições em que em alguns trechos o canal experimenta apenas processos de transporte e deposição de sedimentos, gerados tanto no primeiro ciclo, das construções urbanas, quanto no segundo ciclo, das altas taxas de impermeabilização, que remobiliza partículas previamente depositadas e os transporta mais à jusante. A partir desta afirmação, uma interpretação para tais condições é proposta na Figura 4.3, para as áreas à jusante dos locais onde ocorrem os processos descritos por Wolman (1967) e Oliveira e Queiroz Neto (1993).

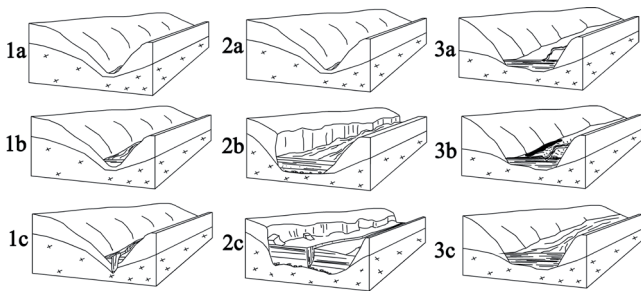


Figura 4 – Resumo dos ciclos de evolução geomorfológica discutidos. 1 – Modelo de Wolman (1967) e Oliveira e Queiroz Neto (1993); 2 – Ciclo encontrado no trecho médio do Ribeirão Pinhalzinho II, o qual denota altas taxas de produção sedimentar e erosão das margens, e 3 – Ajuste das áreas mais distantes, com duas formas diferentes encontradas.

No ajuste proposto em 3b, a deposição de material próximo às margens constrói diques marginais que forçam o acúmulo de água junto às laterais da planície aluvial, conforme observado no Ribeirão Pinhalzinho. Tais feições foram encontradas em grandes quantidades em outras drenagens do município de Umuarama e também em Paranavaí. Porém, não são todas as drenagens que formam represamentos artificiais, e a variação em 3c ocorre, apenas com a agradação no leito. Tal fenômeno ocorreu na planície aluvial do Córrego água do Trajano, para as áreas distantes até 10 quilômetros do centro urbano, e no acúmulo sedimentar na represa artificial do Ribeirão Chapecó. Em casos extremos de produção sedimentar, o canal pode induzir uma planação lateral das margens, se estas oferecerem uma resistência inferior à do material do leito, conforme observado no trecho médio do Ribeirão Pinhalzinho II, sendo representado em 4.2. Esta é uma variação do modelo de Wolman (1967) que, para o caso

observado, produziu mudanças geomorfológicas na escala de centenas de metros.

Conclusões

A carência de dados quantitativos em larga escala temporal em pequenos canais fluviais urbanos, como a produção de sedimentos e taxas de erosão marginal é notável em âmbito nacional. Por tal base de dados ser fundamental na comprovação das hipóteses levantadas neste trabalho, uma alternativa seria a elaboração de um programa de amostragens de longo prazo, podendo ser introduzido em áreas de colonização atual, como nas fronteiras da floresta amazônica. Enquanto tal base não é adquirida, e mesmo com a subjetividade envolvida na interpretação visual dos dados remotamente sensoriados, estes ainda são os dados que melhor representam os ajustes sistêmicos dos canais fluviais à impermeabilização urbana, partindo-se de hipóteses de longo prazo, e na escala espacial de rede de drenagem, não considerando apenas seções transversais. Outro problema intrínseco à amostragem de dados atuais, é que a comparação entre dois lugares só é possível se as características hidrológicas, geomorfológicas, litológicas, entre outras, forem idênticas. Ou seja, um modelo empírico elaborado a partir das áreas de colonização atual da floresta amazônica não seria aplicável para o noroeste paranaense, da mesma forma que o modelo de Wolman (1967) para o nordeste dos Estados Unidos não foi totalmente adequado para os locais analisados nesta pesquisa.

A principal contribuição deste artigo é a demonstração e interpretação de como existem ajustes dos canais fluviais à urbanização em ampla escala espacial, de até dez quilômetros, como no município de Terra Rica, por exemplo, e que não seguem necessariamente a ordem de processos proposta por Wolman (1967) e Oliveira e Queiroz Neto (1993). Os dados apresentados permitem afirmar que o desenvolvimento urbano, e principalmente os problemas de falta de infra-estrutura adequada produziram processos intensos de erosão, deposição e remobilização de sedimentos nos canais fluviais do noroeste paranaense.

Agradecimento

A Fabiana Cristina Meira Zaparoli, Everton Hafemann Fragal e Daniel Rodrigo Montanher, também pela saída de campo no Ribeirão Chapecó.

Referências bibliográficas

- CÂMARA G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n.3, p.395-403, 1996.
- CHIN, A. Urban transformation of river landscapes in a global context. **Geomorphology**, v. 79, n. 3-4, p. 460-487, 2006.
- DOWNS, P. W.; GREGORY, K. J. **River Channel Management: Towards Sustainable Catchment Hydrosystems**. Londres: Arnold, 2004.
- ESRI. 2006. ArcGIS Desktop 9.2 Guides Book.
- GILVEAR, D.; 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.
- GREGORY, K. J. The human role in changing river channels. **Geomorphology**, v.79, n. 3-4, p. 172-191, 2006.
- GUPTA, A. Geoindicators for tropical urbanization. **Environmental Geology**, v.42, n.7, p.736-742, 2002.
- GUPTA, A.; AHMAD, R. Geomorphology and the urban tropics: building an interface between research and usage. **Geomorphology**, n.31, n.1-4, p.133-149, 1999.
- JAMES, L. A.; 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. R. Elementos de Interpretação Visual de Imagens. In: **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.
- MONTANHER, O. C. Ajustes do Sistema Fluvial à Impermeabilização Urbana: Estudo de Caso em Terra Rica, PR. **Boletim de Geografia**, v.28, n.2, p. 185-197, 2010.
- NAKASHIMA, P. Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná: Distribuição e Subsídios para o Controle da Erosão. 1999. **Tese de Doutorado em Geografia Física**. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- OLIVEIRA, A. M. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Depósitos Tecnogênicos Induzidos pela erosão acelerada no Planalto ocidental paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, n.73, p. 91-123, 1993.
- SOUZA FILHO, E. E. Evaluation of the upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v.69, n.2, p.707-716, 2009.
- STEVAUX, J. C.; MARTINS D. P.; MEURER, M. 2009. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. **Geomorphology**, v.113, n.3/4 p.230-238, 2009.
- 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.
- WOLMAN, M. G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Geographiska Annaler**, v. 49, p. 385-395, 1967.