

AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO EM EVENTOS DE CHEIA DO RIO PARANÁ: O USO DE IMAGENS ORBITAIS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS PROVOCADOS PELA BARRAGEM DE PORTO PRIMAVERA

Otávio Cristiano Montanher¹
Edvard Elias de Souza Filho²

RESUMO

A formação do reservatório de Porto Primavera cortou o suprimento de sedimentos do canal do rio Paraná. Após sua formação, os valores de carga em suspensão diminuíram para valores próximos a 1 mg/l, o que deve ter afetado o aporte de sedimentos na planície fluvial. A averiguação desta hipótese e a avaliação da concentração de sedimentos em suspensão na planície em dois eventos de cheia são os objetivos deste trabalho. Para isso foram utilizadas duas imagens da cena 223/076 obtidas em 24/03/1985 (pré-barragem) e em 01/02/2007 (pós-barragem). As imagens foram registradas, passaram por correção atmosférica e radiométrica, tiveram a área de água recortada e por fim os dados foram trabalhados por meio da aplicação de duas equações que envolvem razões entre as bandas 2, 3 e 4. Os resultados demonstraram que na cheia de 1985 a concentração de sedimentos sobre a planície chegou a valores próximos a 30,4 mg/l e que na cheia de 2007 os valores não ultrapassaram 4,5 mg/l. A diferença entre os valores obtidos indica que o aporte de sedimentos na planície foi severamente comprometido pela construção da barragem de Porto Primavera.

Palavras chave: Concentração de sedimentos em suspensão, cheias, imagens orbitais, Rio Paraná.

ABSTRACT

The formation of Porto Primavera reservoir suppressed the sediment source of Paraná River channel. After its construction, the values of suspended load decreased to approximate 1 mg/l, which must have affected the sediment supply on fluvial plain. The investigation of this hypothesis and the evaluation of suspended sediment concentration in floodplain in two flood events are the objectives of this article. For this, were used two images of 223/076 orbit/point, from 24/03/1985 (previous damming) and 01/02/2007 (after damming). Were corrected geometric, atmospheric and radiometric aspects of images, their water areas were cut and the data were worked by means of application of two equations that involve band math between the 2, 3 and 4 bands. The results demonstrated that in flood of 1985 the sediment concentration over floodplain reaches to 30,4 mg/l values, and in flood of 2007 the values not exceeded 4,5 mg/l. The difference between the values obtained indicates that the contribution of sediments on plain was severely modified by construction of Porto Primavera Dam.

Key words: Suspended sediment concentration, floods, orbital images, Paraná River.

¹ Aluno de graduação em Geografia – Bolsista de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq/FA/UEM. Universidade estadual de Maringá. E-mail: otaviocmontanher@yahoo.com.br

² Prof. Doutor do departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá. GEMA – Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente

INTRODUÇÃO

Os processos de formação de planícies de inundação foram descritos por um considerável número de trabalhos. O clássico de Wolman & Leopold (1957) diferencia dois processos: a acreção lateral (por barras em pontal) e a acreção vertical (por depósitos de decantação). Por sua vez, Nanson & Croke (1992) definiram três processos principais: a acreção por barras em pontal (“lateral point-bar accretion”), a acreção por decantação (“overbank vertical accretion”) e a acreção por canais entrelaçados (“braid channel accretion”).

A planície do rio Paraná se desenvolveu por meio de uma sucessão de processos, iniciado pela acreção de barras longitudinais, seguido da acreção de barras transversais (ambos processos de acreção por canais entrelaçados), que foi sucedido pela acreção por decantação. Cada um dos processos dominou em período que o canal era respectivamente entrelaçado seixoso, entrelaçado arenoso e anastomosado (SOUZA FILHO, 1993). Há 1500 anos, o início do atual período úmido provocou o início de um ajuste fluvial e, atualmente, dois processos coexistem: no canal há a acreção de barras e na planície, em abandono, há acreção vertical (SOUZA FILHO, *op cit.*; SOUZA FILHO, 1994; SOUZA FILHO *et al.*, 2001).

A construção da barragem de Porto Primavera, concluída no final de 1998, introduziu uma nova modificação no sistema fluvial do rio Paraná. Ela cortou o suprimento de carga detrítica e iniciou um novo processo de ajuste fluvial (SOUZA FILHO, 1999; SOUZA FILHO *et al.*, 2004; ROCHA & SOUZA FILHO, 2008). Dessa forma, o aporte de sedimentos na planície deve ter diminuído significativamente, assim como os processos de acreção vertical.

Os estudos de campo sobre o aporte de sedimentos na planície do rio Paraná são dificultados pela não-continuidade temporal das cheias, pelo porte das áreas atingidas e pelo difícil acesso. Em contrapartida, o sensoriamento remoto fornece informações em uma escala de maior amplitude espacial e de forma multitemporal. Esta característica de aquisição de informações a partir de sensores remotos possibilita a análise das cheias e distribuição de sedimento em suspensão através da planície de inundação. Além disso permite comparar a situação em eventos distintos, possibilitando avaliar o aporte existente em cheias anteriores à barragem de Porto Primavera e em cheias posteriores a ela.

Este trabalho pretende avaliar a concentração de sedimentos em suspensão na planície fluvial do rio Paraná em dois diferentes episódios de cheia a partir de dados de imagens

TM/LANDSAT 5, para verificar se o aporte de sedimentos no período pós-barragem realmente é menor que no período anterior a ela.

ÁREA DE ESTUDO

O segmento fluvial do rio Paraná situado na parte imediatamente à jusante de Porto Primavera é caracterizado por canais múltiplos separados por ilhas e com fluxo dividido por barras transversais. As ilhas e a extensa planície que ocorre em sua margem direita são formas herdadas do antigo padrão anastomosado e apenas parte da área ocupada por tais formas ainda é uma planície de inundação ativa (SOUZA FILHO, 1993; SOUZA FILHO & STEVAUX, 1997; SOUZA FILHO et al., 2004).

As áreas ativas são aquelas com menores altitudes (corpos de água e bacias de inundação) e são inundadas em cheias de baixo período de retorno. Os níveis de cheia com importância geomorfológica foram identificados por Comunello (2001), Rocha (2002) e por Meurer (2004). Tendo como base os níveis fluviométricos da estação de Porto São José, os autores verificaram que as cheias anuais atingem 4,6 m; as cheias com entrada de água em áreas de rompimento de dique possuem recorrência de 2,64 anos e ocorrem a partir de 6,00 m; e as cheias com inundação generalizada ocorrem a cada 5,75 anos e ultrapassam 7,00 m.

A entrada de água na planície é iniciada pelo canal de Ipoitã (B na Figura 1), quando o rio Ivinheima (3 na Figura 1) tem sua parte baixa barrada pelas águas do rio Paraná, e provoca a inundação da parte baixa do canal do Curutuba (A na Figura 1). As áreas inundadas ficam restritas à parte próxima ao canal do Curutuba e do baixo Ivinheima (4 na Figura 1) enquanto o nível fluviométrico na estação de Porto São José não se aproxima de 6,0 metros.

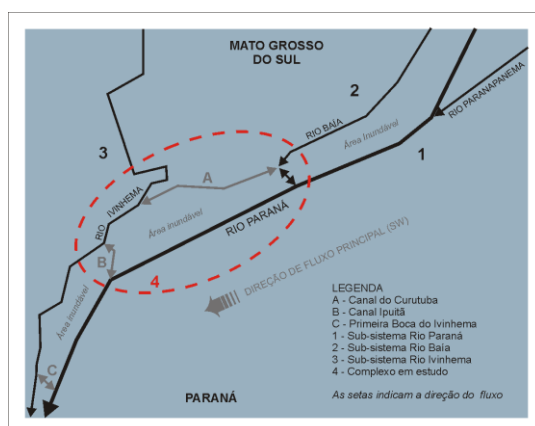


Figura 1 – Diagrama da circulação de água na planície do rio Paraná e a área inundável em níveis fluviométricos situados entre 4,6 e 6,0 m. (COMUNELLO, 2001).

Nas ondas de cheias de maior magnitude, à medida que o nível fluviométrico se aproxima de seis metros, a entrada de água começa a ser feita pelas partes baixas da margem e quando o nível atinge os seis metros, o sistema de entrada é completamente modificado e o controle é feito apenas pelas áreas de margem baixa (Figura 2).

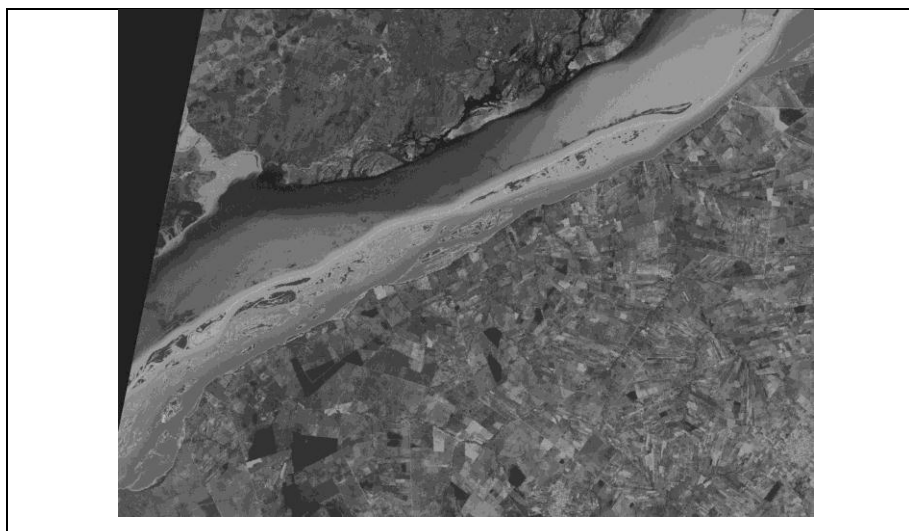


Figura 2 – Imagem TM LANDSAT 4 órbita 223 ponto 76 de 17/01/1990 mostrando as áreas de entrada de água na planície (tons de cinza claro), (COMUNELLO, 2001).

Os dados de concentração de sedimentos em suspensão na seção de Porto São José, apresentados por Souza Filho, *et al.*, demonstram que no final da década de 1980 a concentração média anual de sedimentos era de 24,0 mg/l, com valores superiores a 30 mg/l em período de estiagem e valores próximos a 10 mg/l em períodos de cheia. No período entre 1993 e 1995, após o desvio de primeira fase, os valores médios anuais foram reduzidos para 14,75 mg/l e os valores máximos passaram a ocorrer durante os períodos de cheia. No ano 2000, após a formação do reservatório, a concentração média foi reduzida para 10,8 mg/l, com máximo no período de cheia. Os dados de Hayakawa (2007) demonstram que em 2005 e 2006 os valores de concentração foram inferiores a 1 mg/l.

As cheias com valores próximos ou superiores a 6,00 metros são aquelas que mais aportam sedimentos na planície devido ao volume de água envolvido, a extensão atingida, o período de retorno, o tempo de permanência, e após a barragem, maiores valores de concentração de sedimentos em suspensão. Contudo, o controle de descarga efetuado pela barragem introduziu um problema adicional: a redução da frequência e do tempo de

permanência das vazões mais elevadas (ARENAS-IBARRA, 2008; OKAWA, 2009; SOUZA FILHO, 2009), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Tempo de permanência média anual das descargas nos diferentes níveis fluviométricos em distintos períodos de tempo (em número de dias).

(SOUZA FILHO, 2009).

	> 3,5 m	> 4,6 m	> 6,0 m	> 7,0 m
1964-1971	79	47	10	3
1972-1981	114	55	15	4
1982-1998	127	59	22	7
1999-2007	60	19	6	0

Uma vez que a acreção vertical é realizada por meio do aporte de sedimentos em períodos de cheia, a redução da carga suspensa aliada à diminuição da frequência e tempo de permanência das cheias mais expressivas pode ter diminuído consideravelmente a intensidade com que a deposição ocorre na planície fluvial.

METODOLOGIA

Diversos esforços acadêmicos sobre sistemas fluviais têm sido conduzidos em abordagens a partir da coleta de dados via sensores orbitais (MERTES et. al 1995; MERTES, 2002; BARBOSA, 2005; ZANI et al. 2008). Alguns trabalhos abordam especificamente a concentração de sedimentos em suspensão em corpos fluviais (MARTINEZ, et al. 2009, MERTES et al. 1993, MERTES, 1994, WANG et al. 2009) e para o caso da bacia do rio Paraná, o estudo de Montanher & Souza Filho (2010), conseguiu resultados excelentes ao comparar os valores obtidos a partir de razões entre as bandas 2, 3 e 4 e valores de concentração obtidos em campo.

Uma vez que os autores estudaram os rios Paraná, Paranapanema, Tibagi, Ivinheima, Piquiri e Iguaçu, o uso das relações entre bandas utilizadas naquele trabalho é a mais adequada para a proposta de avaliação da carga suspensa de cheias do rio Paraná.

A abordagem realizada por Montanher & Souza Filho (2010) foi iniciada pela transformação dos números digitais das imagens em valores de reflectância e radiância por meio da correção proposta por Markham & Barker (1986). Em seguida, as imagens passaram

por correção atmosférica, tendo sido utilizado o modelo 6S, que diminui as influências de absorção e espalhamento da atmosfera (VERMOTE, et al. 1997). A partir disso os dados de reflectância corrigidos foram utilizados nas equações:

$$(1) \text{ Concentração} = -83,5496 + (10,2077 * B3)$$

$$(2) \text{ Concentração} = -12,8658 - (30,7676 * \log_{10}((B4/B3)/B2))$$

Onde:

B4 = reflectância na Banda 4;

B3 = reflectância na Banda 3;

B2 = Reflectância na banda 2, (reflectância em %).

Estas relações utilizam as bandas da região visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, pois apresentam informações úteis na avaliação da qualidade da água (DEKKER, 1993). O nível de complexidade das águas interiores (caso 2, Dekker & Bukata, 1999) é tal que não permite a utilização de uma única curva de regressão, pois cada componente opticamente ativo possui diferenciadas interações com a energia eletromagnética irradiada pelo sol.

As duas equações são baseadas em amostragens de até 50 mg/l. Porém, a equação 1 foi utilizada para predição em águas que apresentavam o predomínio dos sedimentos inorgânicos em suspensão, enquanto a equação 2 foi aplicada para estimativas de concentração em áreas onde o comportamento espectral demonstra a existência de clorofila e baixas concentrações de sedimentos inorgânicos.

Para quantificação da distribuição de sedimentos em suspensão na planície de inundação do Alto Rio Paraná, foram utilizadas imagens TM/LANDSAT 5 da órbita 223 ponto 076. Após uma análise prévia das imagens disponíveis no INPE (site www.dgi.inpe.br), foram selecionadas duas passagens, com datas de 24/03/1985 e 01/02/2007, ambas em período de cheia. A imagem de 17/01/1990, mostrada na figura 2, não pode ser utilizada porque apresenta bandas com baixa qualidade radiométrica.

Os dados de nível fluviométrico da estação de Porto São José foram utilizados para permitir a definição do nível fluviométrico nos dias da obtenção das imagens e para a análise de sua situação dentro das respectivas ondas de cheia.

As duas imagens foram registradas, passaram pelas correções descritas e foram classificadas em duas classes: água e superfície seca, a partir de amostragem de pixels da banda 4, que oferece um bom contraste entre a água (alta absorção de energia) e a vegetação, que possui alta reflectância de energia. Os corpos aquáticos foram recortados do restante da imagem e foram aplicados os algoritmos descritos.

Os valores obtidos para cada imagem foram submetidos a fatiamento para a produção de um mapa de distribuição dos valores de concentração de sedimentos em suspensão na planície em cada uma das cheias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados fluviométricos mostrou que o nível do rio Paraná no dia 24/03/1985 era de 5,59 m na estação de Porto São José. Neste dia o nível atingiu o máximo de uma pequena oscilação da segunda onda de cheia do ano em questão (Figura 3 à esquerda). No dia 01/02/2007 o nível fluviométrico era de 6,40 m, e este nível foi o primeiro do máximo apresentado pela onda de cheia de 2007, que se caracterizou por uma prolongada permanência em valores próximos ao mencionado (Figura 3, à direita):

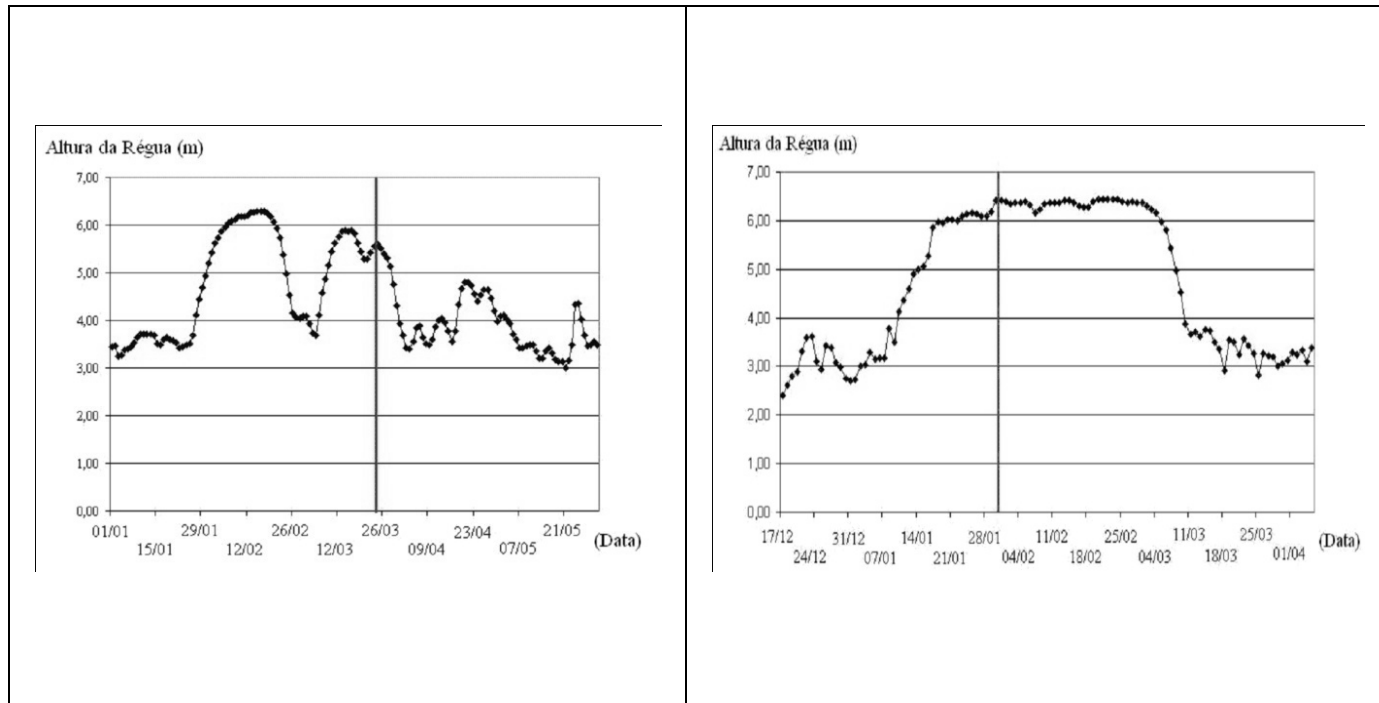


Figura 3 – Variação do nível fluviométrico na estação de Porto São José entre 01/01/1985 e 30/05/1985 (à esquerda) e entre 17/12/2006 e 05/04/2007. As linhas verticais marcam os dias das passagens utilizadas.

A composição colorida da imagem de 1985 está apresentada na Figura 4. Pelo que pode ser observado, a área inundada tem limite nas proximidades do canal de Ipoitã e a entrada de água é feita por meio de uma área sem dique marginal. O local de entrada (1) apresenta de alta reflectância devido à exposição de areia. A “plume” de sedimentos (2) isola a área de água limpa a norte (5) e grada para áreas com menor carga suspensa (3 e 4).

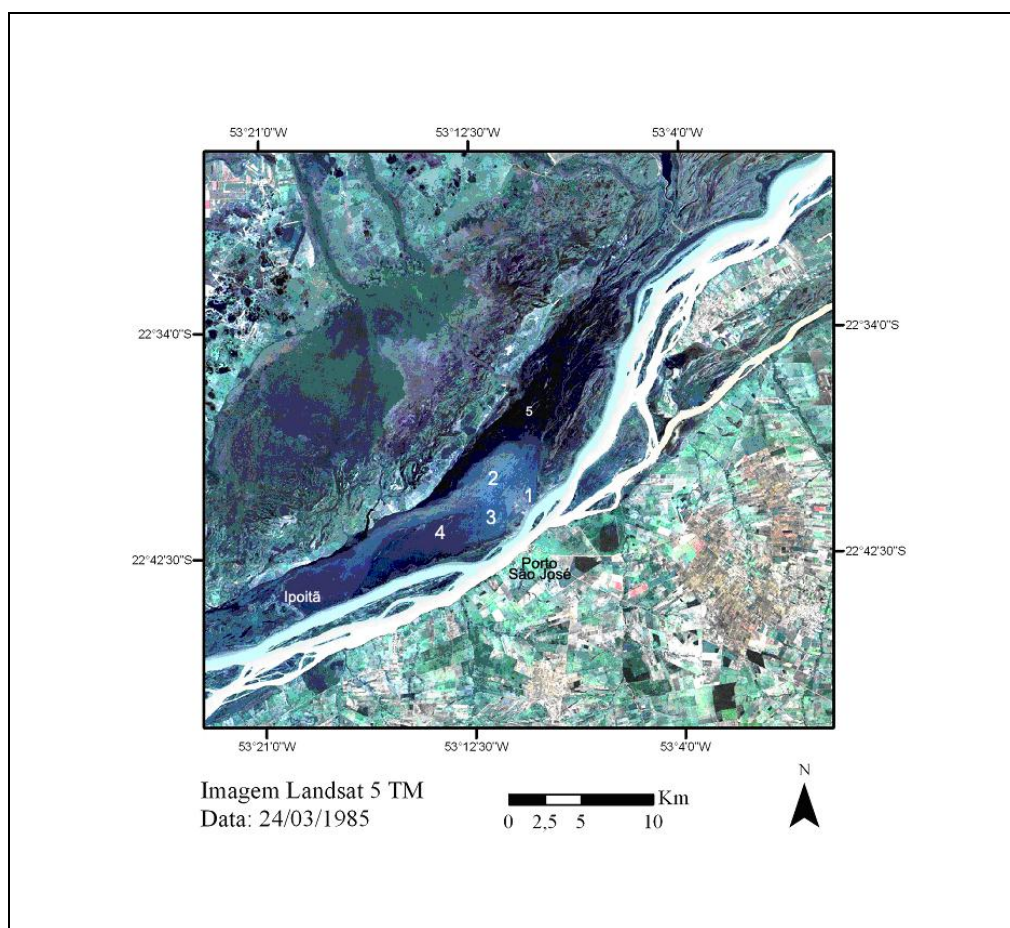


Figura 4 – Composição colorida RGB 321 da imagem 223/076 de 24/03/1985 mostrando a planície fluvial do rio Paraná inundada, onde (1) marca a posição de um leque de rompimento de dique, (2) áreas com mais sedimentos, (3) áreas com concentrações intermediárias, (4) áreas com baixa carga em suspensão e (5) áreas com água limpa.

A aplicação das equações na área de água da planície e o fatiamento dos dados permitiram a avaliação da concentração de sedimentos em suspensão, cuja distribuição encontra-se na figura 5.

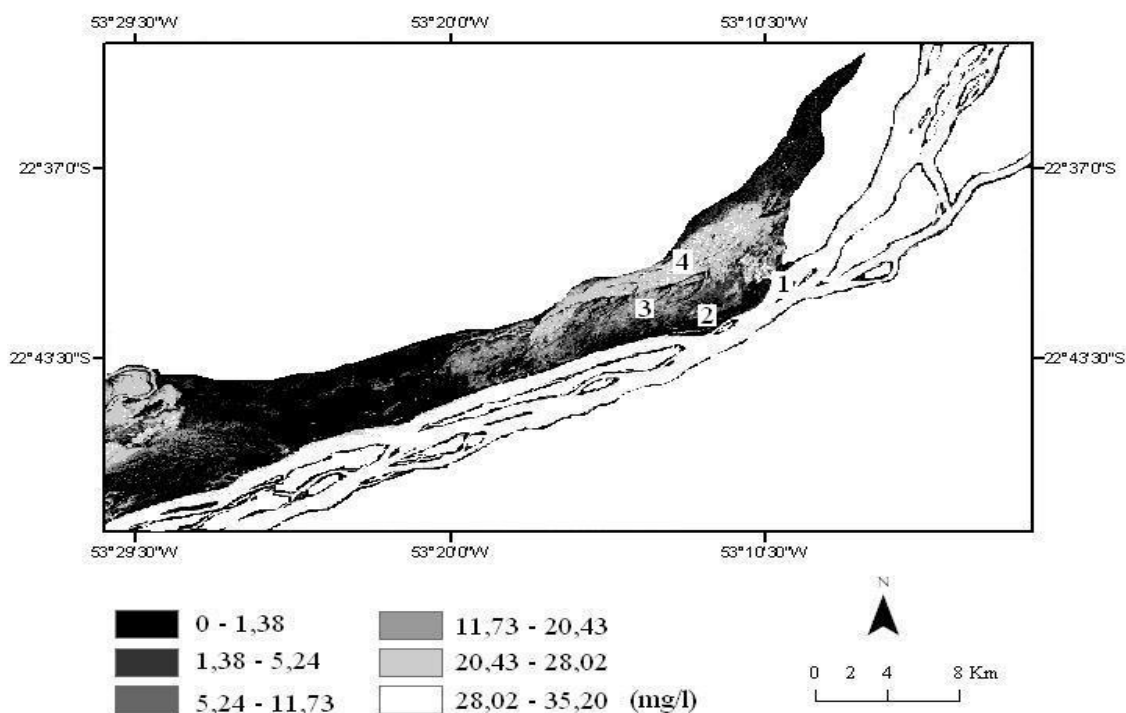


Figura 5 – Mapa de distribuição de concentração de sedimentos em suspensão na área inundada da planície do rio Paraná em 24/03/1985. (1) área ocupada pelo leque de rompimento de dique, (2) área de água próxima aos diques marginais, (3) área de ocorrência de paleo-barras, e (4) área de ocorrência do rio Baía.

Os valores mais elevados atingiram 30 mg/l e a distribuição dos valores de concentração indicam um forte controle da topografia da planície. Os maiores valores ocuparam toda a área de ocorrência do rio Baía, que é a faixa mais baixa da planície, de acordo com Andrade (2008). As áreas altas das paleo-barras (SOUZA FILHO, 1993) limitaram a entrada da “plume” na parte sul e os diques marginais impediram a contribuição direta das águas do rio Paraná.

A imagem de 2007 está representada na Figura 6. A composição colorida apresentada na referida figura mostra que neste dia toda a planície estava inundada, inclusive a área situada à jusante do canal do Ipoitã. O aporte de sedimentos era feito ao longo de toda a margem, aliás, como esperado, uma vez que o nível fluviométrico era superior a 6 metros. Além disso, verifica-se que as águas com alta carga sedimentar do rio Ivinheima estão contidas a noroeste e as provenientes do rio Paranapanema permanecem na porção esquerda do canal, sem adentrar à planície.

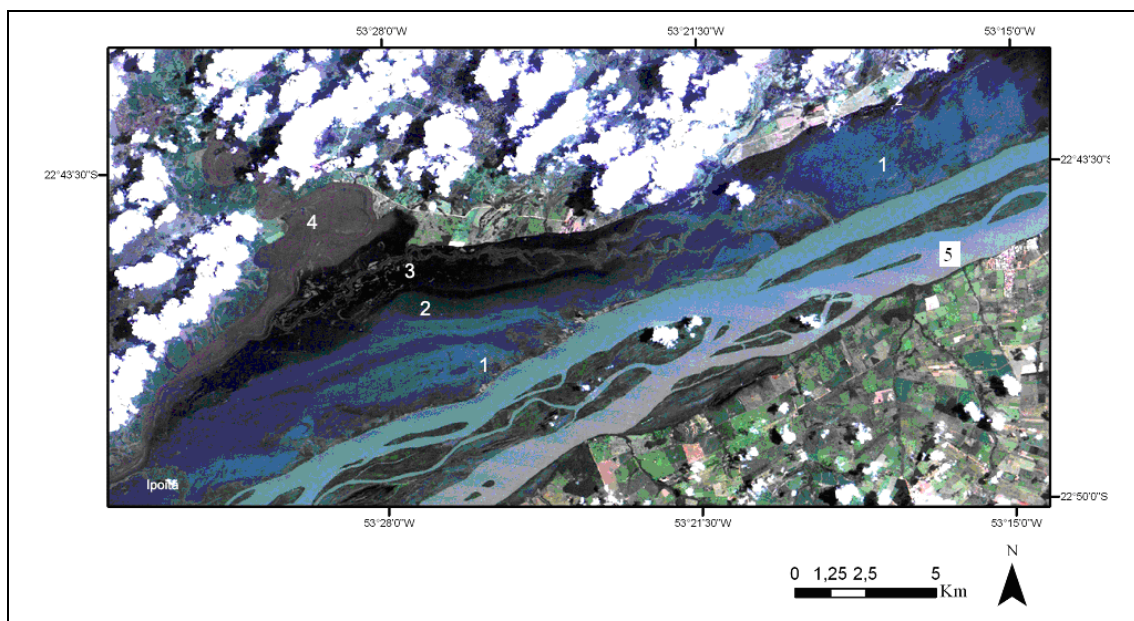


Figura 6 – Composição colorida RGB 321 da imagem 223/076 de 01/02/2007 mostrando a planície inundada, onde (1) áreas de entrada de sedimentos, (2) área de diluição de sedimentos, (3) área com água limpa, (4) águas do rio Ivinheima, (5) águas provenientes do rio Paranapanema.

O mapa de distribuição de concentração de sedimentos em suspensão (Figura 7) mostra que os valores de concentração das águas provenientes do rio Paraná não ultrapassaram 8 mg/l, as águas com influência do Rio Paranapanema não ultrapassaram 15 mg/l, e as águas que atingiram a planície não ultrapassaram 4,5 mg/l, sendo o controle de entrada diferente da cheia de 1985.

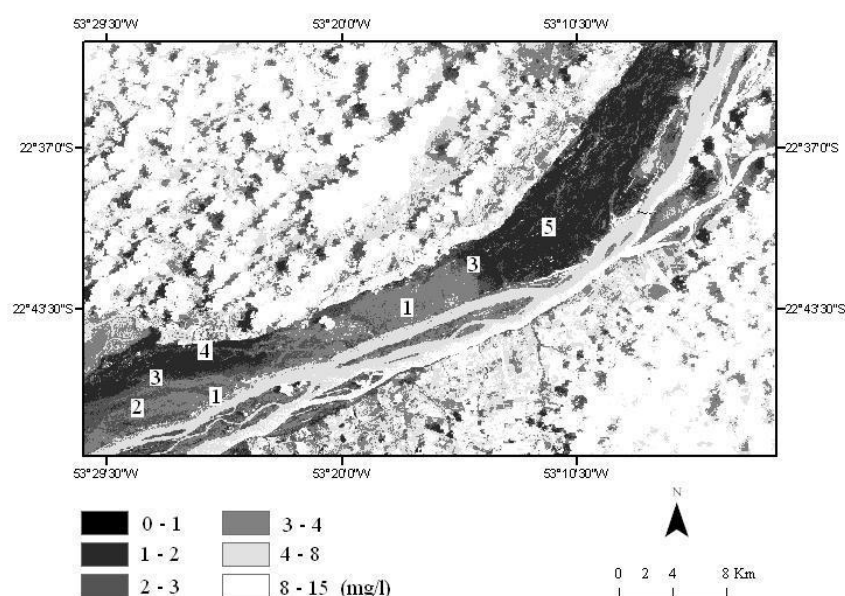


Figura 7 – Distribuição da concentração de sedimentos em suspensão na planície de inundação do Rio Paraná. (1) é a área de aporte perpendicular à planície, (2) a área de fluxo a jusante, (3) as áreas de diluição, (4) área do canal do Curutuba, (5) área de águas limpas do rio Baía.

Os valores de concentração mais alta ocorrem ao longo das margens, o que é um indicativo de que o nível da água ultrapassou os diques marginais. Além disso a geometria das “plumes” indica que na área de ocorrência do rio Baía não há fluxo para jusante. O fluxo para jusante ocorre apenas nas proximidades do canal do Ipoitã. Por fim, as áreas de menor carga suspensa ocorrem na área mais inundável (canal do Curutuba) e na parte montante da área de ocorrência do rio Baía, o que indica ausência de entrada de sedimentos pelas áreas mais próximas à barragem.

Os valores obtidos em ambas as imagens são compatíveis com os dados de campo existentes e mesmo que os valores absolutos possam ser questionados, a diferença da concentração de sedimentos entre ambos os eventos é tamanha que a diminuição do aporte de sedimentos proporcionada pela construção da barragem é indiscutível. Além disso, considerando-se a diminuição do tempo de permanência das cheias de maior magnitude, o aporte de sedimentos torna-se consideravelmente mais baixo.

CONCLUSÕES

A avaliação da concentração de sedimentos suspensos na planície fluvial do rio Paraná em duas imagens de diferentes datas demonstrou que os valores obtidos em 1985 (até 30,4 mg/l) são consideravelmente mais altos do que os valores obtidos em 2007 (até 4,5 mg/l). Tais dados confirmam que a construção da barragem de Porto Primavera provocou uma sensível diminuição do processo de acreção vertical na planície situada à jusante e o aporte significativo de sedimentos somente é feito pelas águas do rio Ivinheima.

As imagens e a distribuição de sedimentos mostrou também que a circulação de água na planície é bastante diferente em níveis fluviométricos distintos. Quando em valores próximos a 5,6 m a circulação de água ainda é controlada pelas partes altas da planície, mas quando as cheias atingem níveis próximos a 6,4 metros tal controle cessa.

Por fim, a aplicação das equações para o cálculo da concentração de sedimentos em suspensão pode ser uma excelente ferramenta para a compreensão da dinâmica fluvial e a experimentação de campo deve ser continuada para que sua confiabilidade seja aumentada. Além disso, há necessidade de verificar as condições de aplicação em produtos de outros sensores visto que o LANDSAT 5 não tem grande expectativa de continuidade.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. R. A. **O uso de técnicas de sensoriamento remoto na identificação de formas na região de Porto Rico, planície de inundação do Alto rio Paraná MS/PR.** 2008. Dissertação de Mestrado apresentado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, Maringá, 2008 (inédita).
- ARENAS-IBARRA, José Antônio. **Alterações na hidrologia da planície de inundação do alto rio Paraná (1964-2007): influência dos reservatórios a montante.** 2008. 41 f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, 2008.
- BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto da Dinâmica da circulação da Água do Sistema de Curai/Rio Amazonas.** 2005. 255 f. Tese de Doutorado – INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.
- COMUNELLO, E. **Dinâmica de Inundação de Áreas Sazonalmente Alagáveis na Planície Aluvial do Alto Rio Paraná, Maringá.** 2001, 47 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá, 2001.
- DEKKER, A.G. **Detection of optical water quality parameters for eutrophic waters by high resolution remote sensing.** 1993. PhD teses, Free University, Amesterdam, 1993.
- DEKKER, A. G. & BUKATA, R. P. Remote Sensing of Inland and Coastal Waters. In: STONE W. R. (Editor). **Review of Radio Science 1996 – 1999.** Wiley-IEEE, 1999, p. 519 – 534.
- HAYAKAWA, E.H. **Análise da variabilidade espacial e temporal dos sedimentos suspensos do Alto rio Paraná via imagens orbitais: região de porto São José – PR.** 2007. 81 f. Dissertação de mestrado defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, 2001 (inédito).
- MARKHAM, B.L. & BARKER, J. L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperature. EOSAT Landsat Techninical Notes, No.1, august, 8p., 1986.
- 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**, vol. 79, n. 3, p. 257-264, dec. 2009.
- MERTES, L. A. K. Rates of flood-plain sedimentation on the central Amazon River. **Geology**, v. 22, p. 171-174, Feb, 1994.
- MERTES, L. A. K. Remote sensing of riverine landscapes. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 799–816, 2002.

MERTES, L. A. K.; SMITH, M.O.; ADAMS, J. B. Estimating Suspended Sediment Concentrations in Surface Waters of the Amazon River Wetlands from Landsat Images. **Remote Sensing of Environment**, v. 43, p. 281 – 301, 1993.

MERTES, L. A. K.; DANIEL, D. L.; MELACK, J. M.; NELSON, B.; MARTINELLI, L.; FORSBERG, B. R. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon River in Brazil from a remote sensing perspective. **Geomorphology**, v. 13, p. 215 – 232, 1995.

MEURER, M. **Regime de Cheias e Cartografia de Áreas Inundáveis no Alto Rio Paraná, na Região De porto Rico – PR**. 2004. 54 f. Dissertação de mestrado defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, UEM, 2004 (inédito).

MONTANHER, O. C. & SOUZA FILHO, E. E. **Algoritmos que Podem ser Utilizados para a Pesquisa de Canais Fluviais por Meio de Imagens Multiespectrais**. Relatório Parcial de Iniciação Científica, Universidade Estadual de Maringá. PIC/UEM. 2009 – 2010.

NANSON, G. C. & CROKE, J. C. A genetic classification of floodplains. **Geomorphology**. v. 4, n. 6, p. 459 – 486, 1992.

OKAWA, C. M. P. **Em busca do hidrograma ecológico para a planície de inundação do alto rio Paraná: considerações iniciais**. 2009. 93 f. Tese de Doutorado, PEA/UEM, Maringá-PR, 2009 (inédito).

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico – PR**. 2002. 169 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá, 2002.

ROCHA, J. A. & SOUZA FILHO, E. E. . Características geomorfológicas do canal do Rio Paraná à jusante da barragem de Porto Primavera: variação temporal e espacial dos sedimentos suspensos, de fundo e de algumas variáveis limnológicas. In: Dalva Helena de Medeiros. (Org.). *Relação Homem/Natureza sob a Ótica da Interdisciplinaridade*. 1 ed. Campo Mourão: Editora Fecilcam, 2008, v. 1, p. 225-249.

SOUZA FILHO, E. E. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**. 1993. 214 f. Tese de doutorado, Inst. Geoc., USP, São Paulo, SP, 1993. (inédito).

SOUZA FILHO, E. E. . Feições do sistema anastomosado pré-atual do rio Paraná. In: 38 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1994, CAMBURIÚ, SC. ANAIS DO 38 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. CAMBURIÚ : SBG, 1994. v. 1. p. 407-409.

SOUZA FILHO, E. E. (1999) Diagnóstico do meio físico e condições emergentes da planície do rio Paraná em Porto Rico (PR). *Revista GEONOTAS*, DGE/UEM, v.3, n.3. 12 pp.. (disponível em <http://www.dge.uem.br/geonotas/vol3-3/edvard.html>).

SOUZA FILHO, E. E. - Evaluation of the Parana River discharge control on Porto São José Fluviometric Station (State Of Parana - Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69 (2, Suppl.): p. 631-637, 2009.

SOUZA FILHO, E.E. & STEVAUX, J.C.- 1997- Geologia e geomorfologia do complexo rio Baia, Curutuba, Ivinheima. In: A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. A.E.A. de M. VAZZOLER, A.A. AGOSTINHO, & N.S. HAHN, (Eds.), EDUEM NUPÉLIA, Maringá, 460 pp.

SOUZA FILHO, E. E. ; ROCHA, Paulo César ; CORRÊA, G. T. ; COMUNELLO, Éder . O ajuste fluvial e a erosão das margens do rio Paraná em Porto Rico (BRASIL) (aceito). In: V REQUI / ICQPLI, 2001, Lisboa. Anais do V REQUI / ICQPLI. Lisboa, 2001. v. 0. p. 01-05.

SOUZA FILHO, EE., ROCHA, PC., COMUNELLO, E. and STEVAUX, JC. -2004- Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain, p. 55-74. In THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. and HAHN, NS. (eds.), The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation, Backhuys Publishers, Leiden, 393p.

VERMOTE, E. F; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M.; MORCRETTE, J. J. Second Simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. **IEEE Trans. Geosc. And Remote Sens.**, v. 35, n. 3, p. 675-686, 1997.

WANG, J. J.; LU, X. X.; LIEW, S. C.; ZHOU, Y. Retrieval of suspended sediment concentrations in large turbid rivers using Landsat ETM+: an example from the Yangtze River, China. **Earth Surface Processes and Landforms**. v. 34, n. 8, p. 1082 – 1092, 2009.

WOLMAN, M.G.; & LEOPOLD, L. B. **River Flood Plains: Some Observations on their Formation**. in: Physiographic and Hydraulics Studies of Rivers. Geological Survey Professional Paper 282-C, 30p, 1957.

ZANI, H.; ASSINE, M. L.; SILVA, A. Batimetria Fluvial Estimada com dados orbitais: Estudo de caso no alto curso do Rio Paraguai com o sensor Aster. **Geociências**, v. 27, n. 4, p. 555 – 565, 2008.