

A INFLUÊNCIA DAS CREVASSES NA DINÂMICA DE INUNDAÇÃO DA PLANÍCIE DO ALTO RIO PARANÁ

ÉDIPO HENRIQUE CREMON¹, OTÁVIO CRISTIANO MONTANHER², JOSÉ ANTONIO ARENAS-IBARRA³

RESUMO

As crevasses podem alterar de forma significativa algumas características da circulação de água em uma planície de inundação, como a orientação, quantidade e tempo de permanência dos fluxos. A temporalidade de ocorrência do surgimento de crevasses e a verificação de como esse processo vêm atuando ainda não foi estudado no rio Paraná, sendo importante para acrescentar no entendimento geomorfológico do macrossistema fluvial. Este trabalho teve como objetivo verificar o surgimento de crevasses na planície de inundação do Alto rio Paraná, na região de Porto Rico (PR), e suas relações com o processo de inundação através de imagens aéreas e orbitais, bem como de dados hidrométricos da estação fluviométrica de Porto São José (PR). A entrada de água pelas crevasses só ocorrem com níveis superiores a 5 m, onde o nível entre a entrada de água pelas crevasses e de margens plenas está entre 5 a 5,59 m. A origem da feição 4 mudou completamente a dinâmica de inundação da planície, sendo a principal entrada de água e sedimentos em suspensão na planície durante na primeira metade da década de 1980, e após a interferência antrópica, não voltou à atividade.

Palavras-chave: Crevasses, planície de inundação, rio Paraná.

ABSTRACT

Cravasses in floodplains are landforms that can change the water circulation dynamic, as orientation, quantity and flux permanence time. The occurrence these landforms and relation with flood process was not evaluated in Upper Paraná River Floodplain, because it's has been an important river for geomorphologic understand of fluvial macro-system. This work aims evaluate the crevasses influence in flood dynamic in Paraná River through aerial and orbital images, and also fluviometric data of Porto São José station. Crevasses allow entry of water into the floodplain just in levels higher than 5 meters and the level between the water entering the floodplain and the level of bankfull is between 5 and 5,59 m. Anthropic levees construed has changed. 1. The origin of feature 4 changed the dynamics of the floodplain, and the main entrance of water and suspended sediments during the first half of the 1980s, after human interference, did not return to activity.

Key-words: Crevasse, floodplain, Paraná River.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR/INPE - cremon@dsr.inpe.br

² Universidade Estadual de Maringá – Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente – GEMA/UEM - otaviocmontanher@yahoo.com.br

³ Universidad Ricardo Palma/Universidad Científica del Sur (Peru) - Bolsista da *Prince Bernhard Fellowship-WWF* - josearenas@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

Os maiores sistemas fluviais em seguimentos aluviais formam grandes planícies as suas margens, resultantes de processos geomorfológicos de sedimentação, erosão e ajuste da geometria hidráulica do canal na procura de obter a estabilidade entre o transporte de água e de sedimentos (Nanson & Croke 1992). Estas planícies formam verdadeiros macrossistemas de grande complexidade funcional e estrutural e elevada diversidade, sendo consideradas sistemas altamente produtivos (Arenas-Ibarra, 2008). O funcionamento dos macrossistemas fluviais ou sistemas rio-planície de inundação é governado pela dinâmica hidrossedimentológica que condiciona os pulsos de cheia e vazante, a entrada, permanência e saída de água no sistema (Neiff, 2001).

A América do Sul se distingue pela existência de grandes rios, globalmente os de maior descarga, comprimento e área de drenagem (Neiff, 2001). O Alto rio Paraná, no território brasileiro, possui a bacia de drenagem mais populosa do continente, com grandes centros urbanos e intensa atividade agropecuária cujos sistemas fluviais são diretamente impactados pelo uso da terra e, principalmente, aos grandes barramentos por usinas hidrelétricas (UHE). O único trecho do Alto rio Paraná livre de barramentos estende-se da UHE de Porto Primavera até o começo do lago da UHE de Itaipú em Guaíra (PR) (Souza-Filho & Stevaux, 2004).

Em decorrência da atividade das barragens, a dinâmica hidrossedimentológica do Alto rio Paraná está fortemente alterada em relação à variabilidade das descargas e a retenção de sedimentos, acarretando uma alteração nos processos geomorfológicos como resultado do ajuste fluvial às novas condições (Arenas-Ibarra, 2008; Souza Filho, 2009; Stevaux et al., 2009). Assim, diversos autores concluíram que a operação de barragens hidroelétricas reduz a frequência, intensidade e recorrência de descargas altas e aumentou os fluxos de descargas médias (Rocha, 2002; Meurer, 2004; Souza-Filho et al. 2004; Silva, 2007), alterando a conectividade entre o rio e a planície e a variabilidade diária e anual dos débitos (Arenas-Ibarra, 2008) e a relação vazão/nível hidrométrico (Souza Filho, 2009). Adicionalmente, tem sido reportada a diminuição da velocidade e da carga suspensa, aumento da erosão marginal e modificação das formas de leito (Souza Filho et al., 2004; Rocha & Souza Filho, 2008; Stevaux et al., 2009).

Explicações sobre sistemas fluviais podem ser realizadas a partir de evidências sedimentológicas, estratigráficas, cronológicas e paleoambientais adquiridas em coletas de campo, informações advindas de sensores remotos, ou a partir do conjunto de abordagens. A

aquisição de dados radiométricos a partir de sensores remotamente situados também permite a pesquisa de variações espaciais e temporais do ambiente fluvial (Mertes, 2002).

Na planície do Alto rio Paraná, Andrade (2008), a partir de imagens multiespectrais Terra/ASTER e dos dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), fez o mapeamento das formas de relevo presente na planície, onde foram mapeadas as formas naturais e antrópicas, como a presença de drenos. As formas de relevo características da planície são: paleo-ilhas, paleo-barras, paleocanais, diques marginais, canais secundários, lagoas, bacias de inundação e crevasses (Souza Filho, 1993; Santos, 1997; Andrade, 2008).

Dentre essas citadas, as crevasses (ou leque de rompimento de dique) são resultantes de descargas de cheia que podem romper os diques marginais e, através do fluxo concentrado, formar depósitos de “crevasses splay” sobre a planície de inundação, que são lobos em formas de leques (Charlton, 2008). As crevasses podem alterar de forma significativa algumas características da circulação de água na planície, como a orientação, quantidade e tempo de permanência dos fluxos. A temporalidade do surgimento de crevasses e a verificação de como esse processo vêm atuando ainda não foi estudada no rio Paraná sendo importante para acrescentar no entendimento geomorfológico do macrossistema fluvial, principalmente na relação rio-planície de inundação, devido aos impactos antrópicos nos quais o rio está submetido.

Duas hipóteses iniciais sobre a influência das crevasses na dinâmica de inundação da planície do Alto rio Paraná podem ser definidas: a) Os novos rompimentos de diques marginais fazem com que o nível hidrométrico necessário para alagar a planície de inundação seja menor do que os níveis de 4,60 m (altura média dos diques marginais, inundação parcial) e 6,20 m (inundação generalizada) (Rocha, 2002), pois estas áreas facilitariam a entrada de água na planície de inundação. b) A entrada e distribuição de água e, conseqüentemente, de sedimentos em suspensão durante as cheias na planície de inundação, foram modificadas pelo surgimento destas feições. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo verificar o surgimento de crevasses e suas relações com o processo de inundação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo, compreende a região de Porto Rico (PR) onde o rio Paraná desenvolve uma extensa planície de inundação em sua margem direita que vem sendo objeto de estudos geomorfológicos e ecológicos há mais de 25 anos pela Universidade Estadual de Maringá (fig. 1), através do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) e do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (NUPELIA).

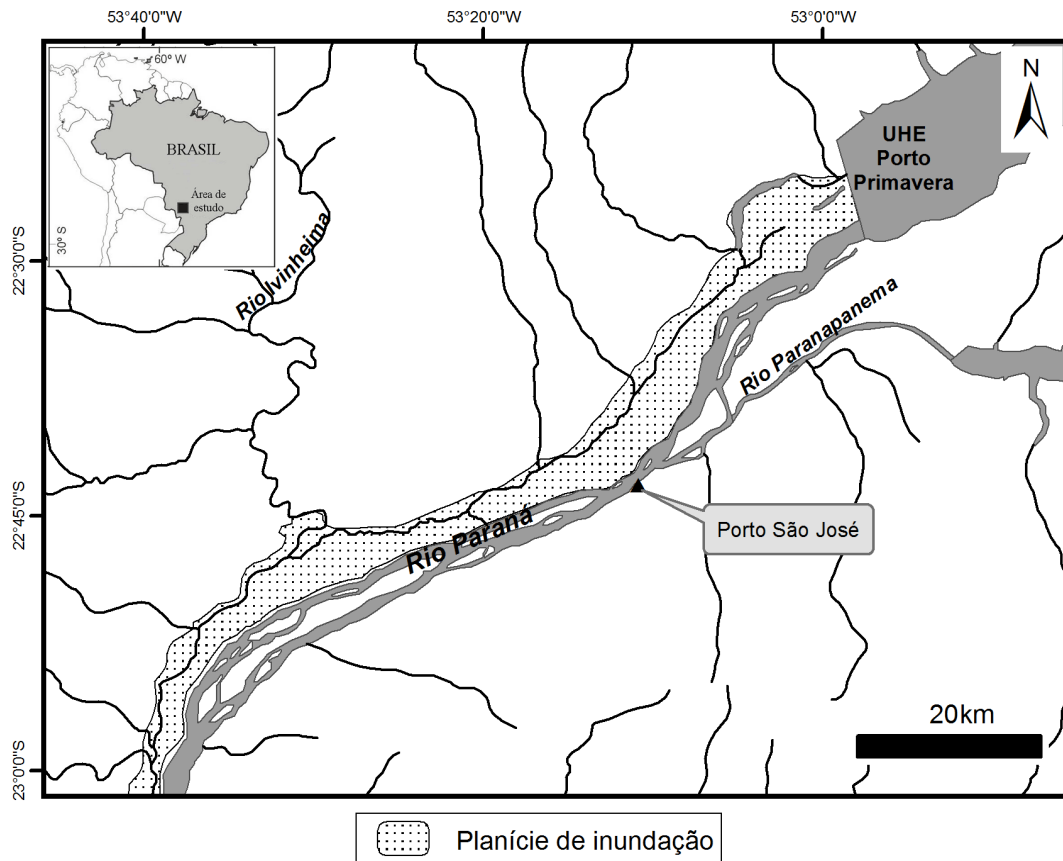


Figura 1. Mapa de localização.

Diversos cenários de inundação e processos associados têm sido descritos no macrossistema fluvial do Alto Paraná e suas zonas de inundação (Comunello, 2001; Rocha 2002; Thomaz et al. 2004; Meurer, 2004; Corradini 2006) (Quadro I).

A partir da estação fluviométrica de Porto São José (PR), diferenças nos níveis de conectividade estabelecidos por Rocha (2002) e Corradini (2006) assim como a amplitude do intervalo de descargas mencionado por Rocha (2002) para o estágio de margens plenas, inundação parcial e margens plenas naturais, sugerem que o cenário completo de níveis de inundação e processos de conectividade não foi totalmente abordado pelos trabalhos destes autores. Adicionalmente, Thomaz et. al (2004) consideram que no nível de 3,5 m o rio transfere suas características aos ambientes da planície homogeneizando suas características limnológicas. Arenas-Ibarra (2008) considera este limiar como nível local de inundação das formas relacionadas ao padrão atual de canal (barras fluviais e áreas rebaixadas da planície) propondo a vazão de 15000 m³/s (aproximadamente 5,30 m) como um nível no qual a planície apresenta influencia marcante do rio Paraná sobre a totalidade da planície e que poderia ser utilizado como nível de restauração.

Rocha (2002)	Corradini (2006)	Processos
< 3.50 m, (<9900 m ³ /s)	<2.0	Descargas baixas, diminuição na profundidade das lagoas da planície de inundação, fluxo no sentido lagoa-rio. Barras fluviais e outras geoformas do canal expostas
>3.50 m, (9900 m ³ /s)	>2.0 m	Contribuição pelo freático, fluxo no sentido rio-lagoa, barras fluviais encobertas pelas águas do Paraná. Estágio de margens plenas. Barramento do rio Baía pelo rio Paraná.
>4.6 m, (12745 m ³ /s)	>3.20 m	Inundação parcial da planície de inundação. Barramento do rio Ivinhema pelo rio Paraná no canal Ipoitã. Reativação de paleocanais da bacia de inundação.
>6.2 m, (16356 m ³ /s)		Extravasamento do canal do rio por sobre os diques marginais. Margens plenas naturais. Inundação generalizada.
>7.0m, (19335 m ³ /s)	> 5.90 m	Fluxo ativo através da planície, máximo perímetro úmido.

Quadro I. Níveis de conectividade e processos geomorfológicos e ecológicos em diversos níveis hidrométricos e vazões na estação fluviométrica de Porto São José no macrossistema fluvial do Alto Rio Paraná. Vazões corrigidas por Souza-Filho (2009). Descrição de processos modificada por Arenas-Ibarra (2008).

Os procedimentos metodológicos empregados podem ser divididos em três etapas:

- a) Mapeamento de depósitos de crevasses em imagens de satélite e levantamento de dados de campo;
- b) Construção do banco de dados de imagens e dados hidrométricos. Seguindo o preconizado por Comunello (2001), a análise de inundações pode ser realizada por meio do sensoriamento remoto realizando-se a observação das imagens em distintas situações de inundação, correlacionando a área inundável com os níveis fluviométricos obtidos por medições na hidrógrafa.

Deste modo o banco de dados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) foi construído por imagens multiespectrais e fotografias aéreas sujeitas a disponibilidade temporal. Foi utilizada uma série histórica de fotografias aéreas do GEMA de 1970 e 1980. Os sensores TM (Thematic Mapper) e MSS (Multi-Spectral Scanner) da série de satélites Landsat também foram utilizados.

O sensor TM possui 30 metros de resolução espacial e 8 bits de resolução radiométrica. Este sensor oferece amplo intervalo temporal (1984 – atual) e as bandas de 1 a 4 foram utilizadas. As bandas 1, 2 e 3 oferecem informações sobre a qualidade da água, como a concentração de sedimentos suspensos (Dekker et al., 2002; Barbosa, 2005). Já a banda 4 também pode oferecer este tipo de informação em águas altamente turbidas (Wang et al.

2009), porém, foi utilizada neste trabalho para diferenciação entre corpos aquáticos e a cobertura vegetal (Schowengerdt, 1997).

Por sua vez, o sensor MSS possui aproximadamente 80 metros de resolução espacial e 6 bits de resolução radiométrica. As diferenças técnicas entre estes sensores não influenciaram na interpretação do fenômeno ambiental em foco, pois foram consideradas as limitações impostas pelas escalas de trabalho dos dados. No total, 28 imagens TM e 10 MSS foram avaliadas neste trabalho. Os dados TM e MSS foram adquiridos a partir dos seguintes sites: www.dgi.inpe.br e <http://glovis.usgs.gov/>. A composição colorida verdadeira do sensor Quickbird de 25/10/2003 foi obtida a partir do software Google Earth também foi utilizada.

Para análise das variações espaciais da entrada de água na planície de inundação do Alto rio Paraná é necessário que o corpo fluvial esteja em eventos de cheia. Esta particularidade reduz drasticamente o número de imagens úteis para esta análise. A partir do banco de dados descrito, as imagens foram analisadas segundo os elementos de interpretação visual (Jensen, 2000) conciliados aos objetos de estudo. Os dados da régua fluviométrica da área do estudo foram obtidos da estação fluviométrica localizada em Porto São José-PR (figura 1).

c) O Processamento das imagens consistiu no georreferenciamento com base no mosaico Landsat GeoCover, composição das bandas espectrais e ajustes nos histogramas para realçar sedimentos suspensos nos corpos d'água, através do aplicativo ENVI 4.4.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento de dados de campo e a análise das imagens permitiram o reconhecimento de depósitos de crevasses. Nas imagens são reconhecíveis os depósitos arenosos expostos e a feição das crevasses, característica em leque (Figura 2).

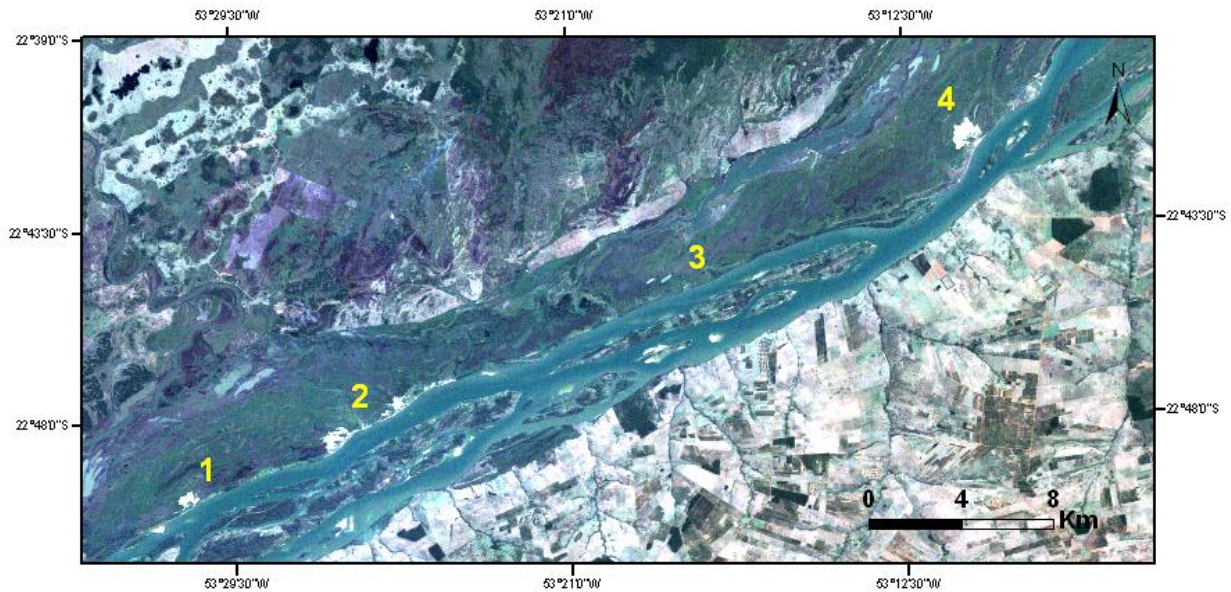


Figura 2. Imagem Landsat 5 - TM R3G2B1 de 11/07/1984 apresentando os depósitos arenosos “crevasses splay”.

Foi reconhecido que a feição 1 formou-se entre os anos de 1970 e 1977 (figura 3). Em trabalho de campo realizado em agosto de 2007 (figura 3), foi verificado que atualmente existem duas feições paralelas: um amplo e comprido canal rodeado por vegetação ripária e outro canal mais curto, ambos os canais perpendiculares ao canal principal.

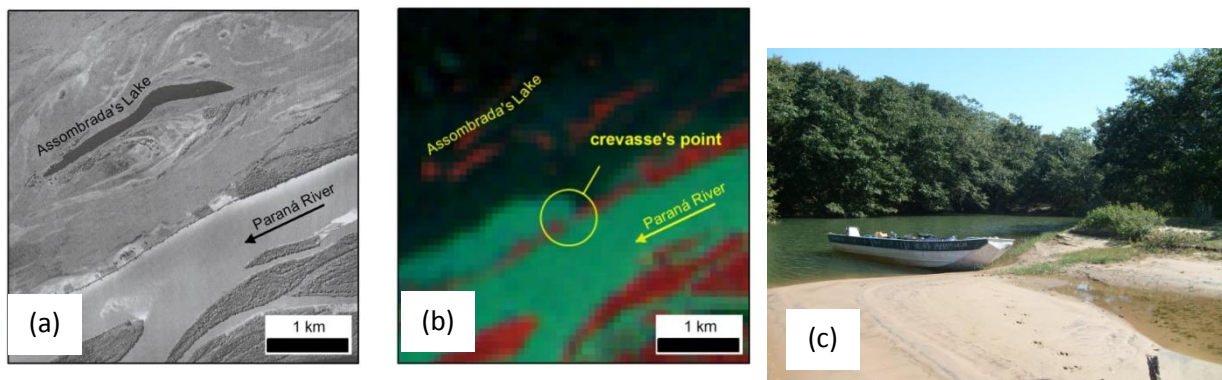


Figura 3. Surgimento da feição 1 entre os anos de 1970 e 1977. (a) fotografia aérea de 1970; (b) imagem LANDSAT-MSS R6G5B4 de 24/01/1977, em evento de cheia (6,70 m); (c) Foto em campo de 1/8/2007, mostra em detalhe a feição 1, com um canal bem desenvolvido e outro adjacente mais curto (cota: 3,00 m).

O conjunto de rompimentos de diques marginais da feição 2 e a feição 3 já existiam anteriormente no ano de 1970. Os dados disponíveis (fotografias aéreas de 1970 e imagens Landsat MSS), não permitem um maior detalhamento para a época. Já a feição 4, próxima de Porto São José – PR, formou-se entre os anos de 1980 e 1982 (Figura 4).



Figura 4. Formação da feição 4. Mosaico de fotografias aéreas de 1980 (a) Imagem Landsat 3/MSS de 07/04/1982; composição R5G6B4 de 07/04/1982 (6,24 m), (b); Imagem Quickbird de 2003 (c).

Para averiguação das hipóteses através do conjunto de imagens com o nível fluviométrico de Porto São José (PR), foi verificado que abaixo de 5 metros não ocorre a entrada de água pelos rompimentos de diques marginais descritos, a imagem de 05/02/1991 demonstra que apenas no nível de 5,02 metros a feição 1 começa a receber água, enquanto as outras não estão em atividade (Figuras 5 e 6).

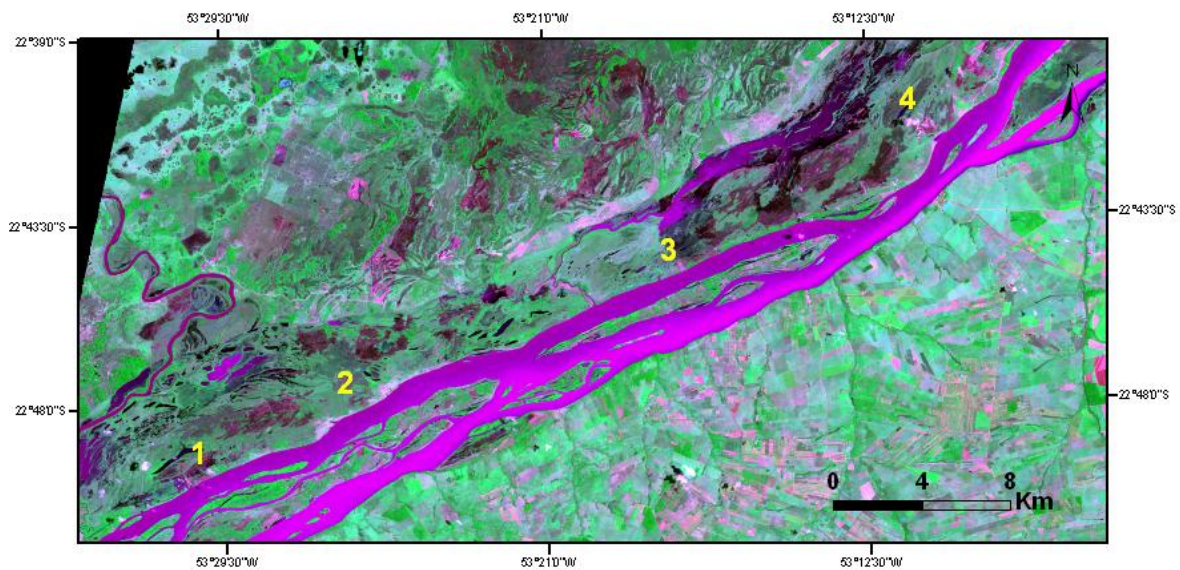


Figura 5. Imagem Landsat 5 – TM, de 05/02/1991, composição colorida 3R4G2B_ (nível de 5,02 m).

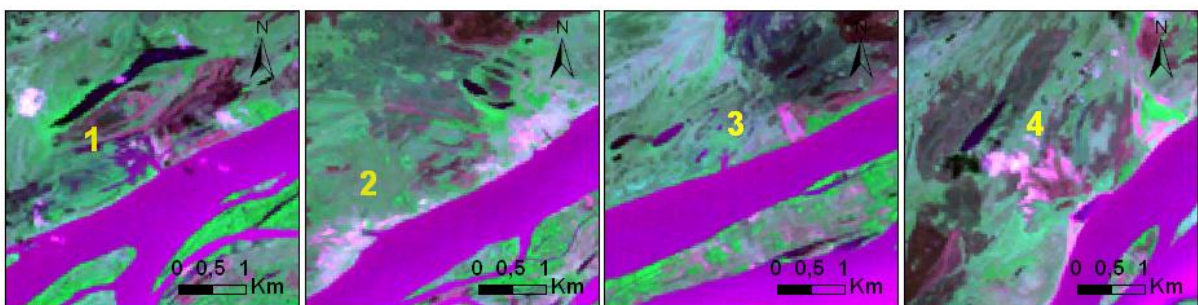


Figura 6. Detalhe para a atividade na feição 1, enquanto que os outros rompimentos de diques marginais mantêm-se inativos.

A partir desta imagem, e da consulta às imagens que registram níveis inferiores, é possível afirmar que as crevasses são ativadas apenas em níveis acima de 5 metros. A imagem de 24/03/1985 (Figuras 7 e 8) registra uma inundação no nível de 5,59 metros. Nessa condi o todas as fei es estão permitindo a entrada de água na planície.

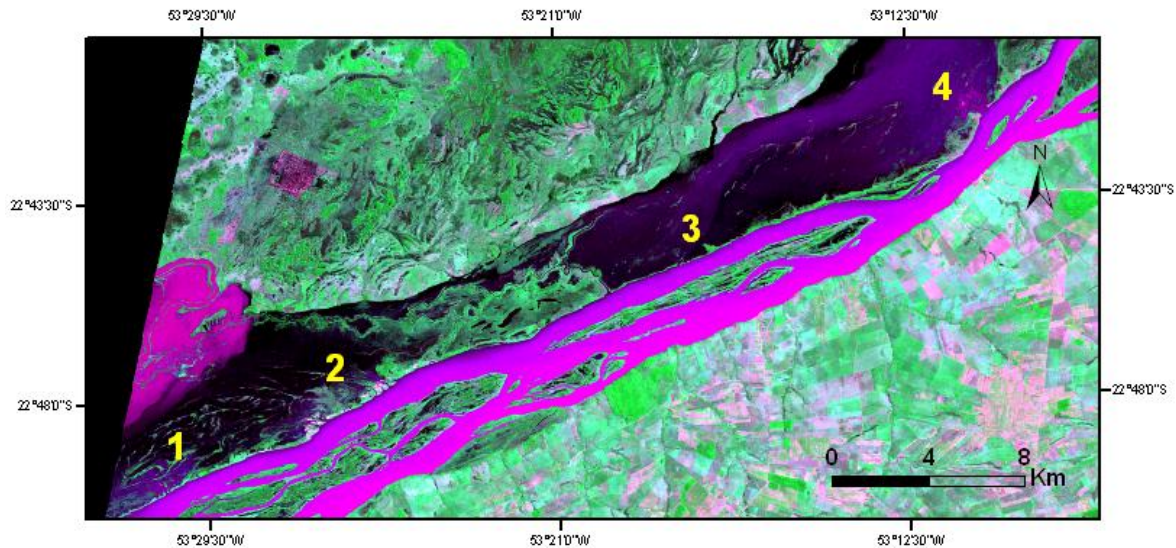


Figura 7. Imagem Landsat 5 – TM, de 24/03/1985, composi o colorida 3R4G2B (nível de 5,59 m).

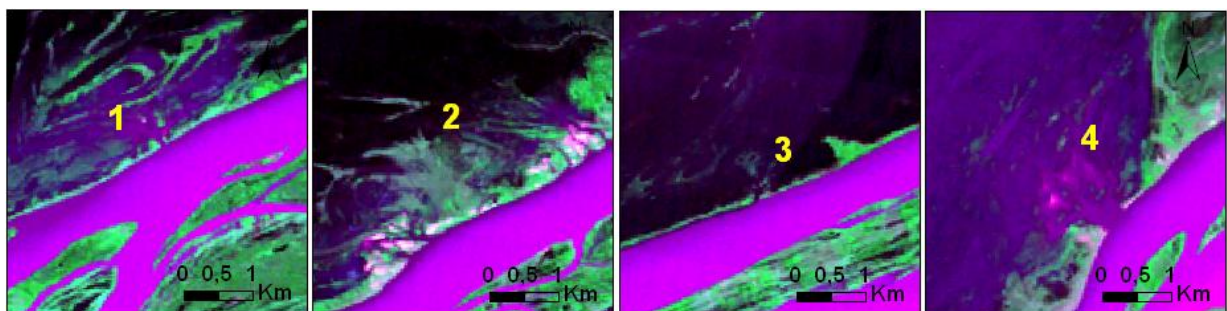


Figura 8. Detalhe para a entrada de água em todas as fei es.

Rocha (2002) define duas situa es distintas: >4.6 m, (12745 m^3/s), com inunda o parcial da planície de inunda o e barramento do rio Ivinhema pelo rio Paraná no canal Ipoitã, com reativa o de paleocanais da bacia de inunda o. Para $> 6,2$ m, há o extravasamento do canal do rio sobre os diques marginais (nível das margens plenas naturais – bankfull), com inunda o generalizada.

As imagens de 05/02/1991 e 24/03/1985 permitem detalhar essa classifica o, pois entre a entrada de água na planície pelos canais, e a inunda o generalizada, existe um nível intermediário de ativa o das crevasses. Desta forma,   constatado que o nível para entrada de água através das crevasses   próximo de 5 metros, estando todas as fei es ativas no nível de 5,59 metros.

Em relação à primeira hipótese, as crevasses originadas nas décadas de 70 e 80 não alteraram o nível de entrada de água na planície de 4,6 metros estabelecido por Rocha (2002). Já a segunda hipótese foi averiguada a partir de um extenso banco de dados (Figuras 9, 10, 11, 12 e 13).

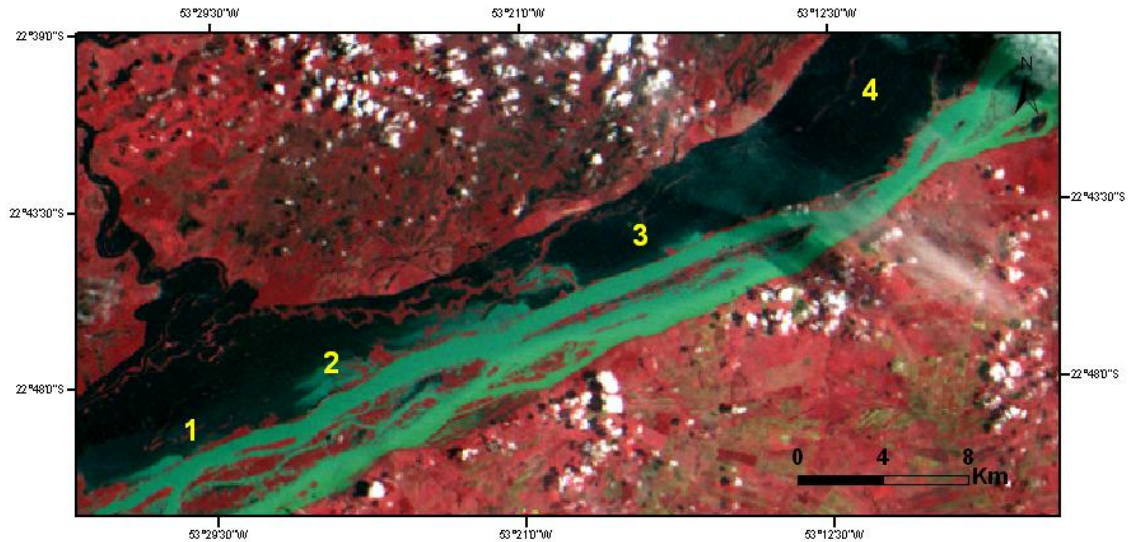


Figura 09. Imagem Landsat 2 – MSS de 24/01/1977, composição colorida R6G5B4, (nível de 6,70 m).

A imagem de 24/01/1977 apresenta a entrada de água pelas feições 1, 2 e 3, pois o rompimento próximo à Porto São José ainda não havia ocorrido. Desta forma pode-se observar a pluma de dispersão de sedimentos em suspensão (áreas claras, em tons esverdeados) apenas próximo à estes locais. A imagem de 10/02/1983 apresenta a entrada de água na planície através de todas as feições, mas pode-se observar a principal contribuição pela feição 4 (Figura 10).

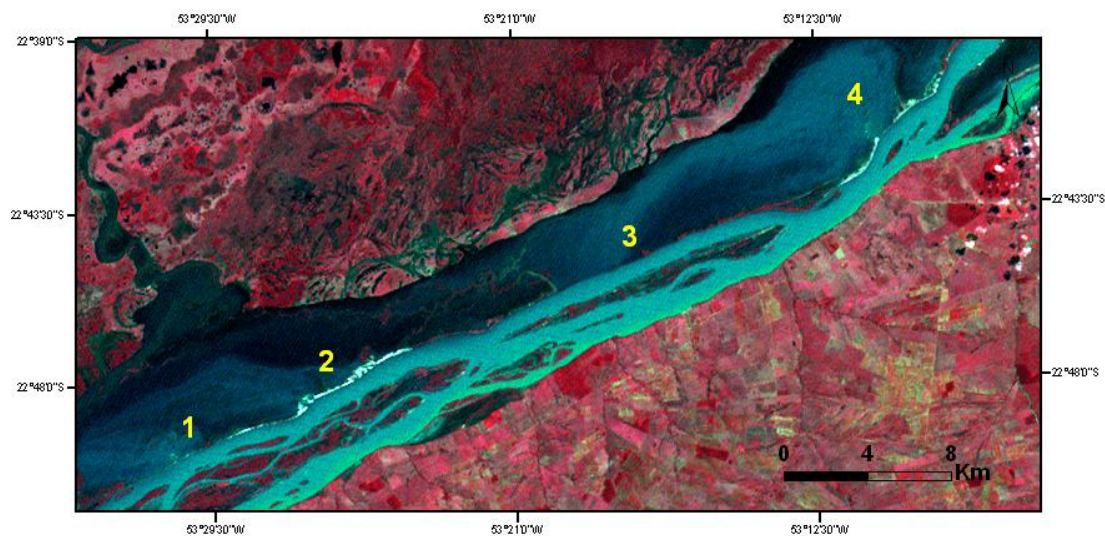


Figura 10. Imagem Landsat 4 – MSS de 12/04/1983, composição colorida R6G5B4, (nível de 5,94 m).

O grande rompimento de dique marginal que originou a feição 4 foi responsável pela destruição de um trecho (não pavimentado) da rodovia estadual MS-134 que liga os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. Foram então realizadas obras de reconstrução desta via, implantando aterros que recobriram o rompimento realizado pela atividade fluvial do Rio Paraná. Desta forma, durante as cheias *a posteriori*, a água não entrou na planície por esta feição (Figura 11).

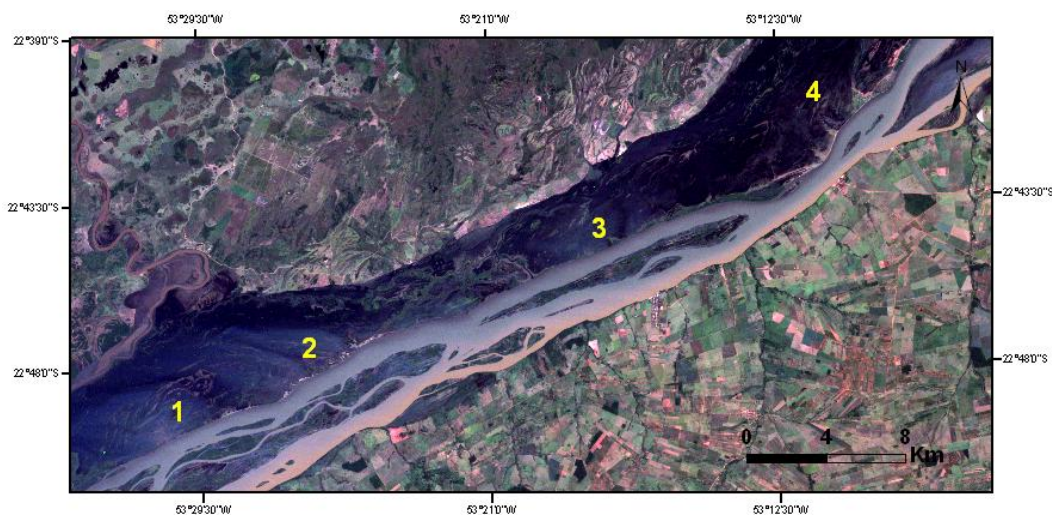


Figura 11. Imagem Landsat 4 – TM de 06/03/1993, composição colorida R3G2B1, (nível de 6,21 m).

Após estas mudanças morfológicas, a configuração geral da entrada de água na planície de inundação durante as cheias manteve-se estável, de forma que apenas as feições 1, 2 e 3 são as principais contribuintes de água para a planície durante as cheias mais recentes (Figuras 12 e 13).

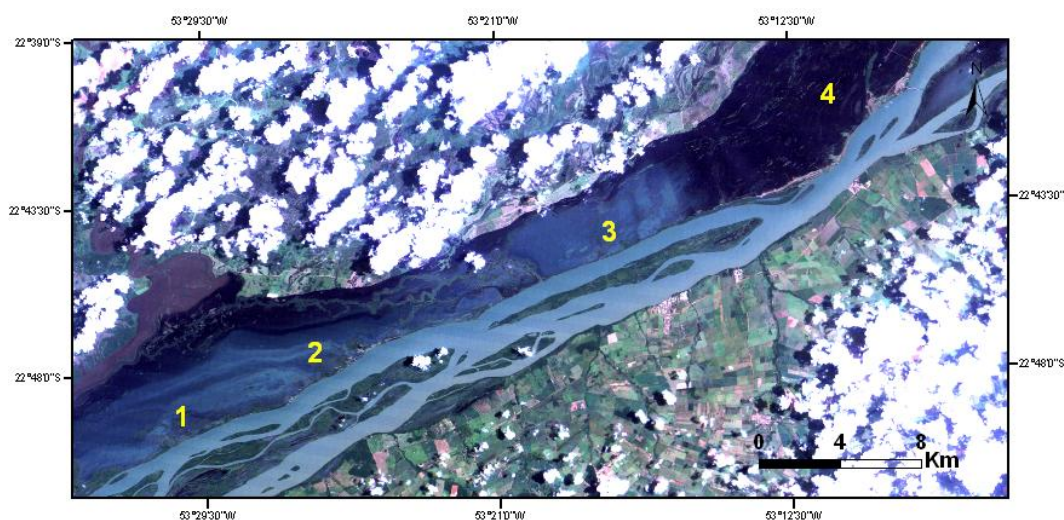


Figura 12. Imagem Landsat 5 - TM de 01/02/2007, composição colorida R3G2B1, (nível de 6,40 m).

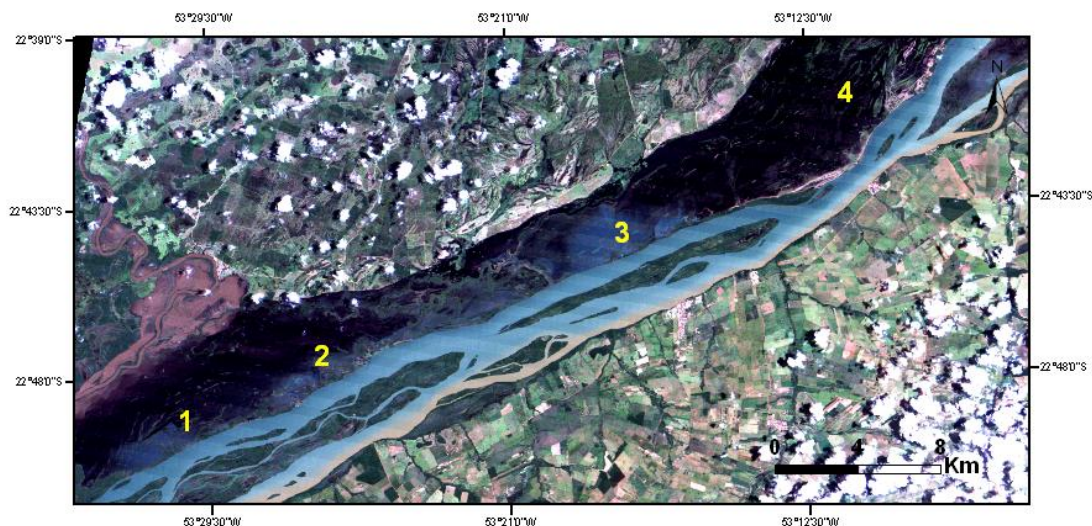


Figura 13. Imagem Landsat 5 - TM de 24/01/2010, composição colorida R3G2B1, (nível de 6,12 m).

O surgimento dessas crevasses permite uma maior transferência de sedimentos para a planície, caso que anteriormente só ocorria em níveis de margens plenas (bankfull). Como nesse trecho, o rio tem sua descarga controlada principalmente pela UHE de Porto Primavera à montante, reduzindo a frequência, intensidade e recorrência das altas descargas (Rocha, 2002; Meurer, 2004; Souza-Filho et al. 2004; Silva, 2007), entre os níveis de 5 a 5,59 m (nível intermediário) há uma maior conectividade entre o rio e a planície, pela entrada de água nas crevasses.

4. CONCLUSÕES

1. Os rompimentos de diques marginais permitem a entrada de água para a planície de inundação apenas em níveis maiores do que 5 metros, desta forma o nível fluviométrico para inundação de >4.6 m, ($12745 \text{ m}^3/\text{s}$) não foi alterado por uma possível facilitação da entrada de água na planície, negando a primeira hipótese. A intensa deposição de material arenoso durante o crevasseamento pode ter formado barreiras para a entrada de água;
2. As imagens de 05/02/1991 (5,02 m) e 24/03/1985 (5,59 m) registram o intervalo fluviométrico em que ocorre o início da entrada de água na planície (5,02 m) e quando todas as feições são ativadas (5,59 m). Estas informações permitem detalhar a classificação de Rocha (2002), com a definição de um nível de inundação intermediário pelas crevasses (rompimentos de dique marginal) e que possibilita um aporte sedimentar na planície não sendo necessariamente no nível de margens plenas;

3. A origem da feição 4 mudou completamente a dinâmica de inundação da planície, sendo a principal entrada de água e sedimentos em suspensão na planície durante na primeira metade da década de 1980, após a interferência antrópica, não voltou à atividade. As outras feições (1, 2 e 3) apresentaram-se em todas as imagens que registram cheias como contribuintes à planície, porém, no período em que a feição 4 esteve ativa, é possível observar através das imagens de 24/03/1985 e 12/04/1983 que a dispersão de sedimentos em suspensão é menor, e conseqüentemente a entrada de água na planície de inundação.
4. Sugere-se um estudo para se chegar a um valor mais preciso do nível necessário para a inundação pelas crevasses. A resolução temporal das imagens disponíveis e a cobertura de nuvens não permitiram uma análise mais detalhada. Trabalhos de campo e o uso de sensores de radar permitiriam uma melhoria nos dados nesse sentido.

5. 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.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá – UEM. 63p. Dissertação de Mestrado, 2008.
- ARENAS-IBARRA, J.A. **Aplicações fluviológicas na planície do alto rio Paraná (PR-MS).** Tese de doutorado – PEA/UEM. Maringá: 2008.
- BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto da dinâmica de circulação da água do sistema planície de Curuai/rio Amazonas.** (Tese de Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – (INPE), São José dos Campos, 2005.
- CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology.** London: Routledge, p.234, 2008.
- COMUNELLO, E. **Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná.** Dissertação de Mestrado – UEM/PEA. Maringá: 2001
- CORRADINI, F. **Processos de conectividade e a vegetação ripária do alto rio Paraná.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá – UEM. 63p. Dissertação de Mestrado, 2006.
- DEKKER, A.G.; VOS, R.J.; PETERS, S.W.M. Analytical algorithms for lake water TSM estimation for retrospective analyses of TM and SPOT sensor data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 1, p. 15 – 35, Jan, 2002.
- JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective.** Prentice-Hall, Inc.: Upper Saddle River, NJ. 2000, 592 p.

MERTES, L. A. K. Remote sensing of riverine landscapes. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 799–816, 2002.

MEURER, M., **Regime de cheias e cartografia de áreas inundáveis no Alto Rio Paraná, na Região de Porto Rico – PR**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá – UEM. 54p. Dissertação de Mestrado, 2004.

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

NEIFF, J.J. Biodiversity in some tropical wetlands systems of South America In: GOPAL, B., JUNK, W.J., DAVIS, J.A. (Ed.): **Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation**. Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands, vol. 2, p .119-139, 2001.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do Alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Tese de doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ambientes Aquáticos Continentais, UEM, Maringá: 2002.

ROCHA, P.C. e SOUZA FILHO, E.E. Erosão marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio-planície fluvial do alto Paraná, Centro-Sul, Brasil. In: Nunes, J.O.R., Rocha, P.C. (Eds.), **Geomorfologia: Metodologias e Aplicações**. 1 ed. São Paulo: Expressão Popular, v. 1, p. 127-149, 2008.

SANTOS, M.L. **Estratigrafia e Evolução do Sistema Siliciclástico do Rio Paraná no seu Curso Superior: ênfase à arquitetura dos depósitos, variação longitudinal das fácies e processos sedimentares**. Tese de doutorado - Inst. Geociências, UFRGS, Porto Alegre: 1997.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing**. 2nd Edition, Academic Press, Inc. 1997.

SILVA, S.A. **Mecanismos de transmissão de fluxos de água e sedimentos em dois grandes rios aluviais impactados pela atividade humana: o Araguaia e o Paraná**. Maringá: PhD Theses of Environmental Sciences. Maringá State University, 142 p., 2007.

SOUZA FILHO, E. E. **Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guáira (PR)**, Tese de doutorado - Inst. Geociências, USP, São Paulo: 214 pp, 1993.

SOUZA FILHO, E. E. Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p. 707-716, 2009.

SOUZA FILHO, E. E.; ROCHA, P. C.; COMUNELLO, E. e STEVAUX, J. C. Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain. In: THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (org.) **The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation**. Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands, 1 ed.:55-74, 2004.

SOUZA FILHO, E. E. e STEVAUX, J. C. Geology and Geomorphology of the Baia-Curutuba-Ivinheima Complex. In: THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S.

(org.) The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation. Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands, 1 ed.:01-29, 2004.

STEVAUX, J. C.; MARTINS, D. P. e MEURER, M. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná downstream the Porto Primavera Dam, Brazil. **Geomorphology**, v. 110, p. 1-20, 2009.

THOMAZ, S.M., PAGIORO, T.A., BINI, L.M., ROBERTO, M.C. ROCHA, R.R.A. Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. In: THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (org.) **The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation**. Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands, 1 ed.:75-102, 2004.

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.