



Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR

O USO DE IMAGENS ORBITAIS CBERS 2/CCD , NO ESTUDO DO CANAL FLUVIAL NO RIO PARANÁ. CASO: A CHEIA DE 2007

LORENA LUCAS PUERTA¹
EDVARD ELIAS DE SOUZA FILHO²

RESUMO

Diversas modificações têm ocorrendo no segmento fluvial situado entre a UHE Engenheiro Sérgio Motta e a Ilha Mutum, na região de Porto Rico (PR), como resultado da conclusão da barragem de Porto Primavera (Engenheiro Sergio Motta). Das alterações introduzidas pela barragem, está incluído o corte de vazões de cheia. Devido ao controle da descarga fluvial, no período posterior a 1998 não havia ocorrido cheia significativa até janeiro e fevereiro de 2007. O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos deste evento sobre a área do canal do rio Paraná. O trabalho foi realizado por meio da análise e interpretação de imagens CBERS 2/CCD, trabalhadas no *software Spring*. Os resultados obtidos mostram que a inundação ocorrida em 2007, causou a ampliação do canal e conseqüentemente, a erosão nas margens.

Palavras-chave: variação de área, erosão marginal, sedimentação, rio Paraná.

APPLYING CBERS 2/CCD ORBITAL IMAGES TO ANALYZE THE PARANÁ RIVER CHANNEL: THE 2007 FLOOD.

ABSTRACT

Several changes have been occurring in the segment situated between the Engenheiro Sérgio Motta Hydroelectrical plant and Mutum Island, in the region of Porto Rico (State of Paraná) as a response to the construction of Porto Primavera dam (Engineer Sergio Motta hydroelectrical plant). The cutting of flood flows is one of the

¹ Mestranda em Geografia pela UEM; E-mail: lorenapuestas@yahoo.com.br.

² Professor Dr. do Departamento de Geografia da UEM; E-mail: souza.filho@pq.cnpq.br.

changes introduced by the dam implantation. Due to the control of river discharge, in the period after 1998 there were no significant floodings until January and February 2007. This study aims to evaluate the effects of this event on the canal area of the Parana River. This research raised the question regarding the degree of influence of the dam in the Paraná River channel. Our analysis was based on the visual interpretation and classifications of remote sensing images, collected by CBERS 2/CCD sensor and processed in SPRING software. The results suggest that the 2007 flood triggered the most recent changes in the studied region of Paraná River, which are the following: massive channel enlargement, abnormal bank erosion and possible high sedimentation rates. With this, we can conclude that the construction of Porto Primavera dam altered the continuity of geomorphological processes.

Key words: area change, bank erosion, sedimentation, river Paraná.

1 INTRODUÇÃO

O segmento do rio Paraná situado à jusante da barragem de Porto Primavera (“Usina Hidrelétrica Engenheiro Sergio Motta”), vêm sofrendo modificações em seu regime hidrológico desde a década de 1970, quando as barragens no rio Grande e no rio Tietê entraram em operação.

A UHE Porto Primavera começou a influenciar o rio Paraná já em 1992 quando o canal foi desviado (desvio de primeira fase) e aumentou sua influência em 1994, quando as águas passaram a correr pelos vertedores (desvio de segunda fase). No final de 1998, iniciou o processo de formação do reservatório de Porto Primavera, realizado em dois estágios: no período de cheia entre 1998 – 1999 e no período de cheia entre 2000-2001. A formação do reservatório deu início à retenção da carga sedimentar e tornou completo o controle da descarga (SOUZA FILHO, 1999, 2009; SOUZA FILHO et al, 2004; SILVA, 2007; OKAWA, 2009). Assim, com a conclusão da barragem de Porto Primavera, o controle de descargas aumentou, o suprimento de sedimentos de fundo foi cortado e o transporte de material em suspensão diminuiu consideravelmente. Estas, entre outras modificações levaram o segmento situado à jusante da barragem a iniciar um processo de ajuste fluvial (SOUZA FILHO *et al.*, 2004). O ajuste fluvial ainda está em desenvolvimento e afeta todas as variáveis da dinâmica fluvial.

Porém, o controle da descarga fluvial atingiu seu máximo quando a barragem de Porto Primavera fechou suas comportas e iniciou a formação do reservatório, em

novembro de 1998. Após a conclusão do reservatório, não ocorreram mais inundações significativas até o período de janeiro e fevereiro de 2007, quando as águas subiram quase 3,5 metros acima do nível médio, com uma descarga que atingiu 18.800 m³/s em 21/02/2007.

A erosão marginal e a sedimentação fluvial vêm sendo estudadas nas proximidades de Porto Rico desde os trabalhos pioneiros de Fernandez (1990) e Santos (1991), por meio de levantamento de campo, ou pela utilização de Sensoriamento Remoto (FERNANDEZ e SOUZA FILHO, 1995; CORRÊA, 1998, entre outros).

No estudo mais recente, Puerta & Souza Filho (2007) compararam a variação de área do rio Paraná em diversas datas para avaliar o comportamento da erosão e da sedimentação ao longo do tempo. Mas não foi detectado estudo que abordassem os efeitos da cheia sobre o rio.

Uma das variáveis afetadas é a erosão marginal, que diminuiu de intensidade a partir de 1998 (CORRÊA, 2004; BORGES, 2004). Tal diminuição de intensidade é atribuída à ausência das descargas mais elevadas e à diminuição dos valores de descarga média anual, imposto pelo conjunto de barragens situado a montante do segmento, entre as quais a Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta exerce papel fundamental (SOUZA FILHO e STEVAUX, 2003). Outra variável afetada é a sedimentação, que foi modificada pelo corte do suprimento detrítico, conforme descrito pelos autores supracitados.

A cheia de 2007 trouxe a oportunidade de verificar o efeito de um evento de grande porte sobre um segmento fluvial afetado pelo controle causado pela operação do reservatório, em especial, os efeitos sobre a erosão marginal e a sedimentação fluvial.

Os altos valores da descarga fluvial devem ter intensificado as taxas de erosão marginal e possivelmente causaram a redistribuição das barras fluviais, fenômenos que este trabalho pretende analisar.

1.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudos está localizada em um segmento do alto rio Paraná, na região sudeste do Mato Grosso do Sul e noroeste do Paraná. A área do canal do rio Paraná a ser pesquisada situa-se à jusante da Usina Hidrelétrica Sergio Motta (Porto Primavera), chegando até ao final da Ilha Mutum, próximo à cidade de Porto Rico-PR (FIGURA 1).

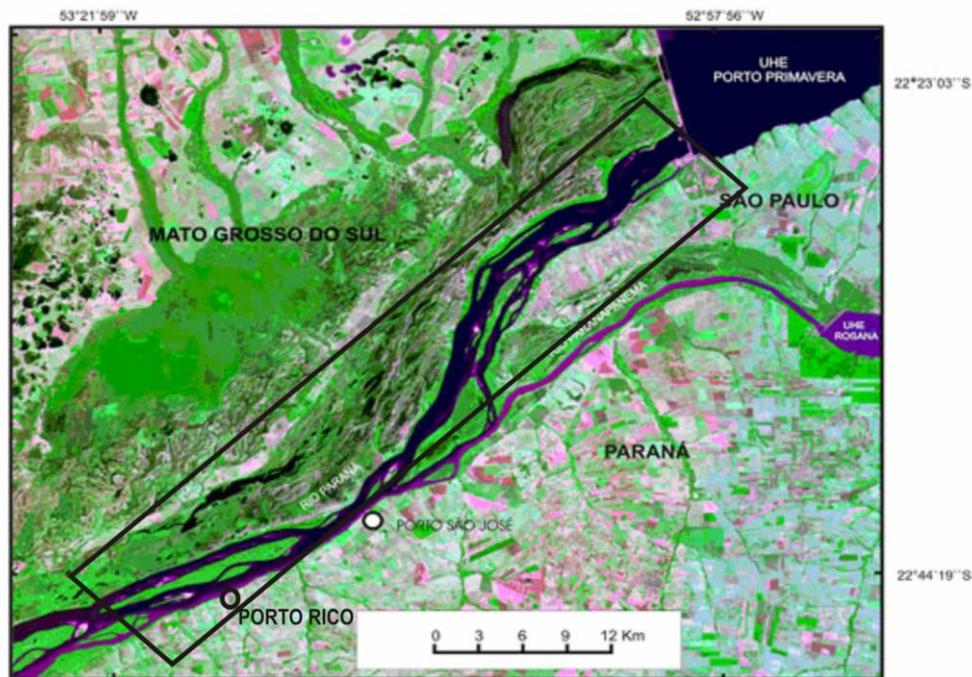


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO. COMPOSIÇÃO COLORIDA, OBTIDA A PARTIR DAS IMAGENS CCD/ CBERS 2, CENA 161/125, DE 14/05/05, 3B/4G/5R.

FONTE: O autor (2006)

Este segmento possui um único afluente em sua margem esquerda, o rio Paranapanema. Nesse trecho, o alto rio Paraná possui um padrão multicanal, dividido em dois canais principais, separados por extensos conjuntos de ilhas e por barras fluviais. Assim, apresenta as formas típicas de canais do tipo anastomosado quando observado em planta e características próprias de canais entrelaçados quando analisado pela sua dinâmica fluvial (SOUZA FILHO, 1993). A planície fluvial desenvolve-se principalmente junto à margem direita do rio e é cortada por uma rede

de canais associados cujo comportamento pode ser afluente ou efluente em relação ao rio Paraná (Souza Filho *et al.*, 2001).

A calha do rio Paraná na porção paranaense está assentada sobre arenitos da Formação Caiuá (K) e apresenta sucessivas faixas de exposição de diferentes depósitos de sedimentos inconsolidados. Este trecho é caracterizado pela assimetria entre ambos os lados do vale. A margem direita é mais elevada, mais dissecada e com afluentes de maior declividade. A margem esquerda possui relevo tabular desdobrado em três níveis de terraços (Souza Filho e Stevaux, 2003).

O clima da região é Subquente, Tropical Úmido, com 1 ou 2 meses secos, com temperatura anual de 20° C e precipitações maiores que 1.500 mm/ano (IBGE, 1990).

A área de estudo está inserida na região da Floresta Estacional Semidecidual, que se refere à dupla estacionalidade climática, classificada por (Campos e Souza, 1997) como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. De acordo com Corrêa (1998) em solos hidromórficos as espécies arbóreas são altamente seletivas, nas áreas é mais densa nos diques marginais, onde existem árvores emergentes de 25 a 30 metros.

A derrubada da vegetação nas proximidades do rio ocorreu principalmente pela ocupação da região, no lado paranaense para a cultura do café, posteriormente substituído por pastagens e agricultura. Nas ilhas a retirada da vegetação foi iniciada para o plantio de café na década de 1950, depois substituído por pastagens e lavouras de subsistência (Corrêa, 1998). No lado sul-matogrossense a vegetação natural foi parcialmente substituída por pastagens e para o plantio da soja.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a modificação da área do canal fluvial do rio Paraná, no intervalo entre a barragem de Porto Primavera e a ilha Mutum, no período entre 24 de março de 2004 e 21 de março de 2007, para analisar o balanço entre a erosão e a deposição que ocorreu durante a cheia de janeiro e fevereiro de 2007 e comparar os resultados com os dados existentes.

Os objetivos específicos são:

- 1)- Fazer a cartografia da área ocupada pelas águas do rio Paraná, para as datas de 24 de março de 2004 e 21 de março de 2007;
- 2)- Calcular a área ocupada pelo canal nas duas datas;
- 3)- Delimitar os locais em que houve erosão e sedimentação no referido período;
- 4)- Comparar os resultados com os dados já obtidos para os anos de 1976, 1982, 1987, 1995 e 2000 sobre o segmento fluvial em estudo.

2 BASE TEÓRICA PARA OS PROCEDIMENTOS ADOTADOS

A erosão marginal e a sedimentação fluvial vêm sendo estudadas nas proximidades de Porto Rico desde os trabalhos pioneiros de Fernandez (1990) e Santos (1991), por meio de levantamento de campo, ou pela utilização de Sensoriamento Remoto (FERNANDEZ e SOUZA FILHO, 1995; CORRÊA, 1998, entre outros). Os estudos mais recentes de Puerta e Souza Filho (2006 e 2007) compararam a variação de área do Rio Paraná em diversas datas para avaliar o comportamento da erosão e da sedimentação ao longo do tempo (Figura 02 a 07).

As figuras 2 a 4 mostram os resultados obtidos para o Rio Paraná em período anterior à construção da barragem de Porto Primavera. A figura 02 mostra a área ocupada pelas águas do rio em 02 de abril de 1976; a figura 03 mostra a situação em 16 de janeiro de 1982; e a figura 04 mostra o resultado da superposição das duas imagens. A superposição de ambas as cartas do canal fluvial possibilitou a elaboração da carta de áreas erodidas e das áreas sedimentadas no período.

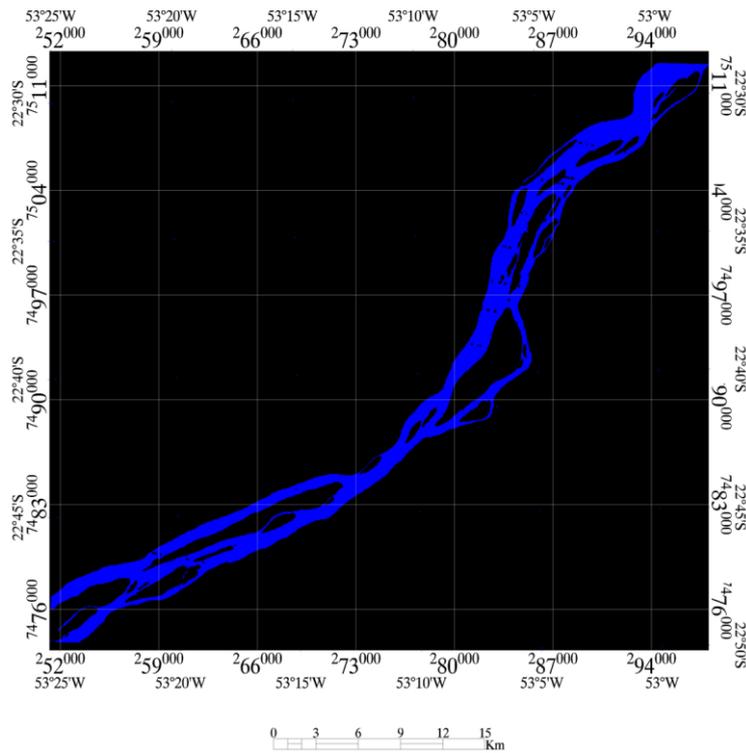


FIGURA 2 – CANAL DO RIO PARANÁ EM 20/04/1976. IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT 2 - CENA 240/76.
FONTE: O autor (2006)

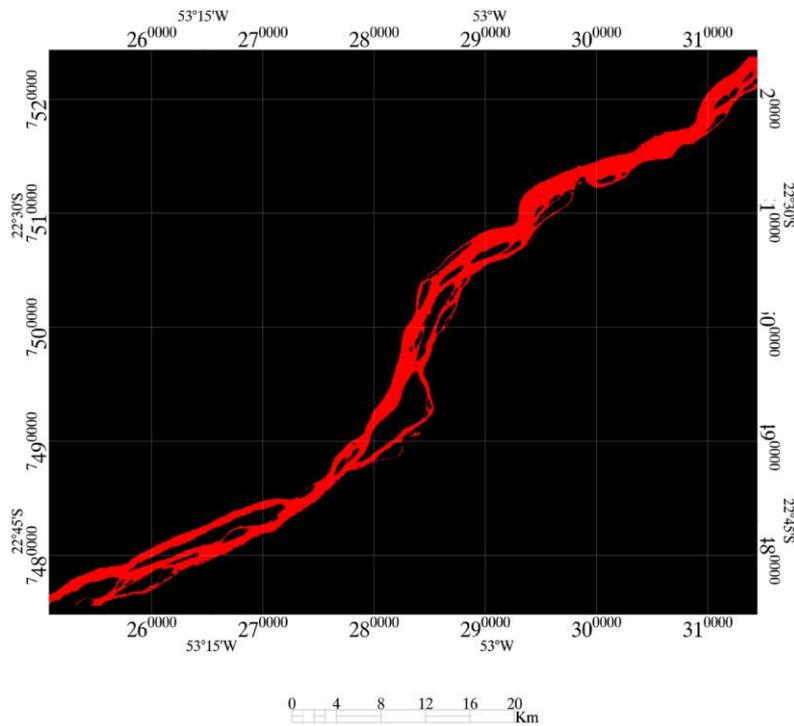


FIGURA 3 – CANAL DO RIO PARANÁ EM DE 16/01/1982. IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT 3, CENA 240/76.
FONTE: O autor (2006)

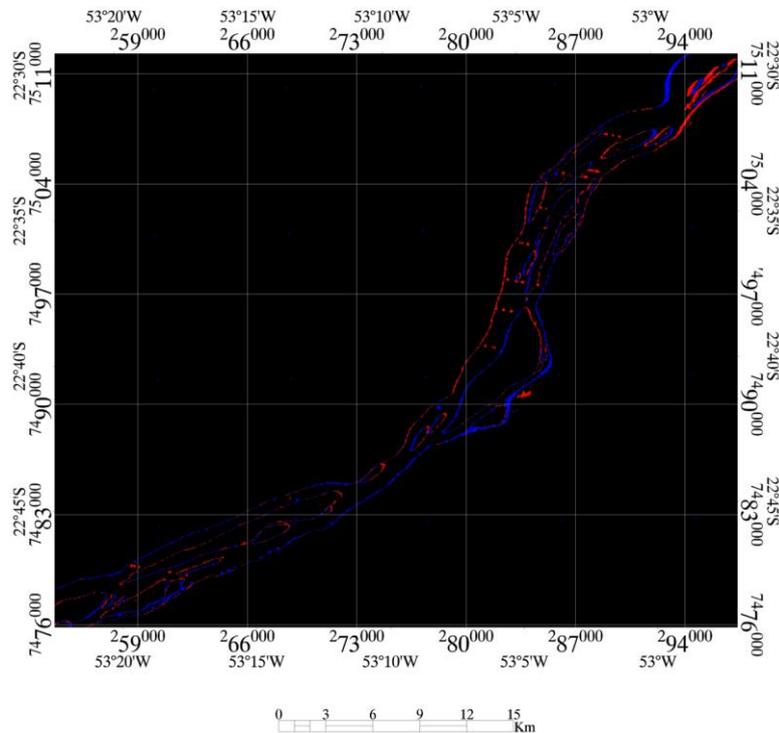


FIGURA 4 – SOBREPOSIÇÃO DAS IMAGENS DE 1976 E 1982. AS ÁREAS EM QUE DOMINOU A DEPOSIÇÃO ESTÃO EM AZUL E AS ÁREAS ERODIDAS ESTÃO EM VERMELHO.
FONTE: O autor (2006)

O cálculo da área ocupada pela água permitiu verificar que em 02/04/1976 o canal possuía 124,05 km² e que em 16/01/1982 sua área aumentou para 125,01 km². Os dados obtidos indicam que no período de 1976 a 1982 os processos erosivos prevaleciam sobre os processos deposicionais e o canal tendia a ser alargado a uma taxa de 0,1 km² por ano.

As figuras 5 a 7 mostram a situação posterior à construção da barragem. A figura 5 exhibe a área ocupada pelo canal do rio em 15 de maio de 2000, a figura 6 mostra o canal em 13 de novembro de 2004 e a figura 7 apresenta o resultado da superposição das imagens das duas diferentes datas.

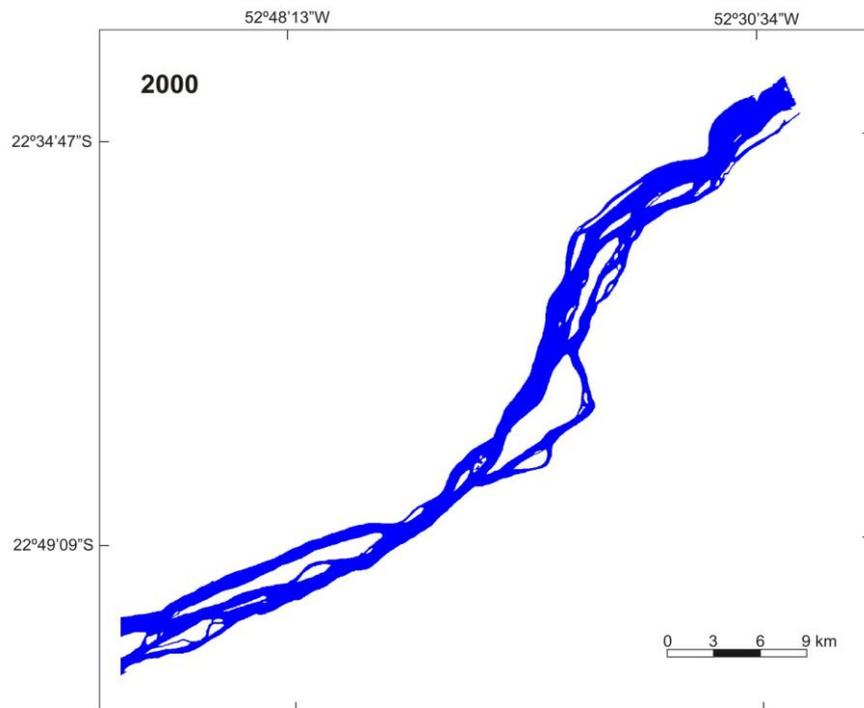


FIGURA 5 – CANAL DO RIO PARANÁ EM 15/05/2000. IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT 4, CENA 223/76.
FONTE: O autor (2007)

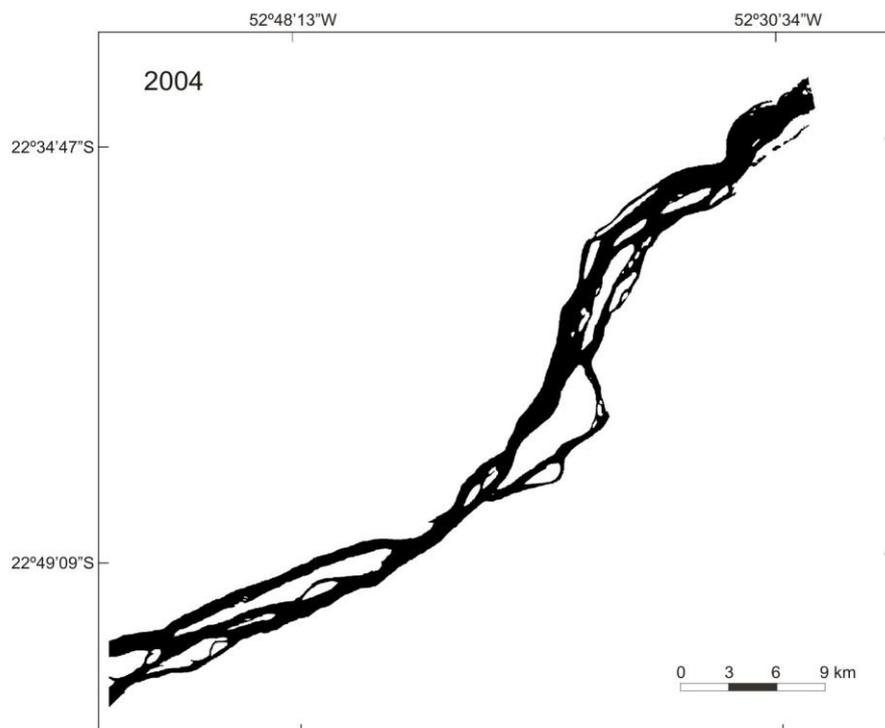


FIGURA 6 – CANAL DO RIO PARANÁ EM 13/11/2004. IMAGEM DO SATÉLITE CBERS 2/ CCD, CENA 161/125.
FONTE: O autor (2007)

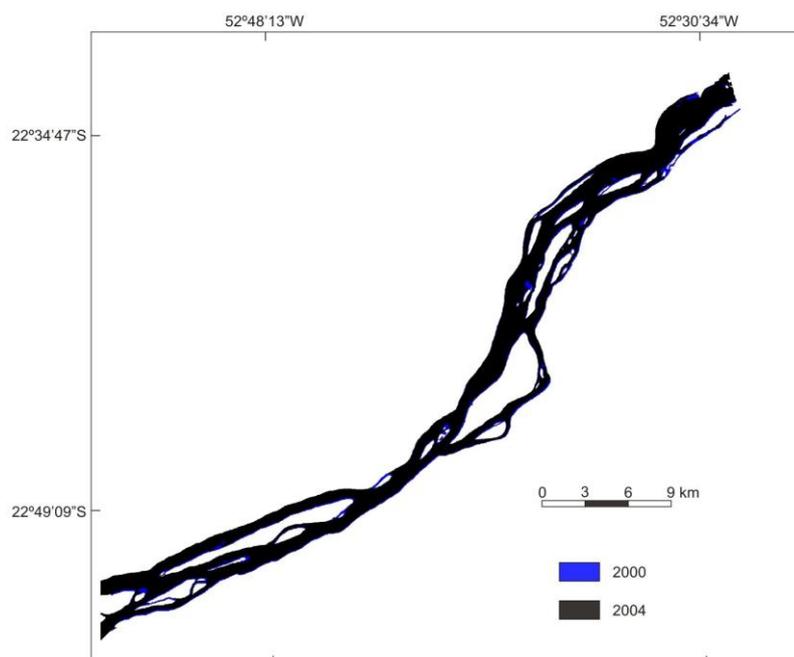


FIGURA 7 – SOBREPOSIÇÃO DAS IMAGENS DE 2000 E 2004. AS ÁREAS DEPOSITACIONAIS ESTÃO EM AZUL .
FONTE: O autor (2007)

A área do canal calculada na passagem de 2000 foi de 126,32 km² e para a passagem de 2004 foi de 118,63 km², indicando uma diminuição de 7,69 km² na área do canal. Dessa forma, verificou-se que entre 2000 e 2004 houve uma tendência de domínio de sedimentação, fazendo com que o canal fosse diminuído a uma média de 1,54 km²/ano. Contudo, face aos baixos valores de descarga fluvial registrados no dia da passagem de 2004 (6478 m³/s), este resultado não pode ser considerado como resultante da sedimentação.

3 MÉTODO

A pesquisa foi realizada por meio do uso imagens do satélite CBERS 2, sensor CCD, cena 161/125, obtidas nas datas de 24 de março de 2004 e 21 de março 2007. As imagens estão disponíveis gratuitamente no site do INPE (www.dgi.inpe.br).

O tratamento das imagens foi realizado por meio do *software SPRING* (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), programa desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Primeiramente realizou-se o georreferenciamento das imagens utilizando-se a projeção UTM-SAD69 de origem longitudinal oeste 51 0 0.00 e zona 22 sul, sendo marcados de 20 a 30 pontos em cada imagem. Após georreferenciadas, as imagens foram submetidas ao processo de segmentação, no qual, divide a imagem por regiões para que apenas aquelas de interesse sejam utilizadas.

Estas regiões são entendidas como um conjunto de pixels contíguos que apresentam similaridade. A segmentação foi realizada pela técnica de crescimento de regiões, que separa as regiões homogêneas, sendo cada uma delas identificada por um rótulo, seguindo um critério de similaridade. De acordo com MOREIRA (2003) a similaridade se relaciona com o valor mínimo abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região, enquanto o limiar da área define o número mínimo de pixels necessários para que uma área seja individualizada. Neste trabalho utilizou-se a similaridade oito e a área (pixels) dez, conforme recomendado pelo INPE (2004).

Após esta etapa foi realizada a classificação. A classificação utiliza a informação espectral e a espacial envolvendo a relação entre os *pixels* vizinhos, que permite separar somente os componentes utilizados na pesquisa. Nesse caso separaram-se os corpos d'água dos demais elementos superficiais da crosta, já que estes apresentam diferentes valores de reflectância dos *pixels*.

Durante a classificação esses componentes foram devidamente diferenciados por meio da classificação não-supervisionada, na qual o usuário não define o número de classes a serem identificadas durante a classificação. Dessa forma, foi utilizado o algoritmo *isoseg*, que quando aplicado sobre um conjunto de regiões resultantes da segmentação, permite o agrupamento e a separação delas em classes. Apenas foi classificada a banda 5, por esta permitir a melhor visibilidade da água.

Após classificar a área do canal a ser analisada, foi criado um plano de informação para cada imagem na categoria temática, para o cálculo da área ocupada pelo canal. Para isso, realizou-se o recorte da área de interesse, ou seja, criada então a categoria temática "água", a mesma foi selecionada e recortada o

segmento de interesse sobre o canal. Em seguida utilizou-se a ferramenta *Temática* do *SPRING*[®], valendo-se da função “Medidas de classes” para calcular a área de polígonos representados por mapas temáticos ou mapas cadastrais por objetos (INPE, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 8 a 10 mostram a área do canal antes e depois da cheia de janeiro e fevereiro de 2007. A figura 8 mostra a área ocupada pelo canal em 24 de março de 2004, a figura 9 mostra a área ocupada em 21 de março de 2007 e a figura 10 apresenta o resultado da superposição de ambas as imagens.

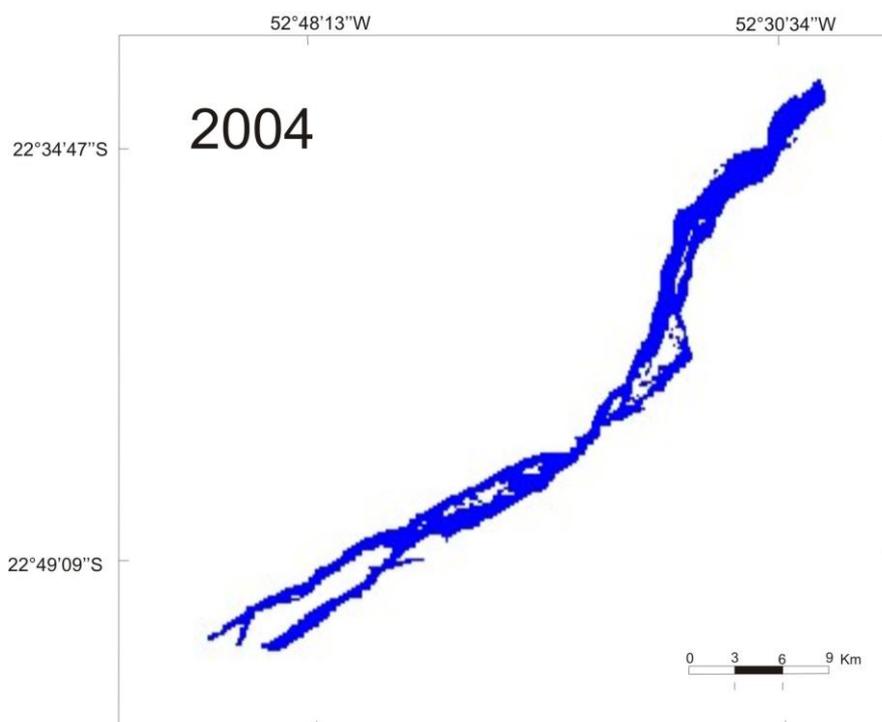


FIGURA 8 – CANAL DO RIO PARANÁ EM 24/03/2004. IMAGEM DO SATÉLITE CBERS 2/ CCD, CENA 161/125.

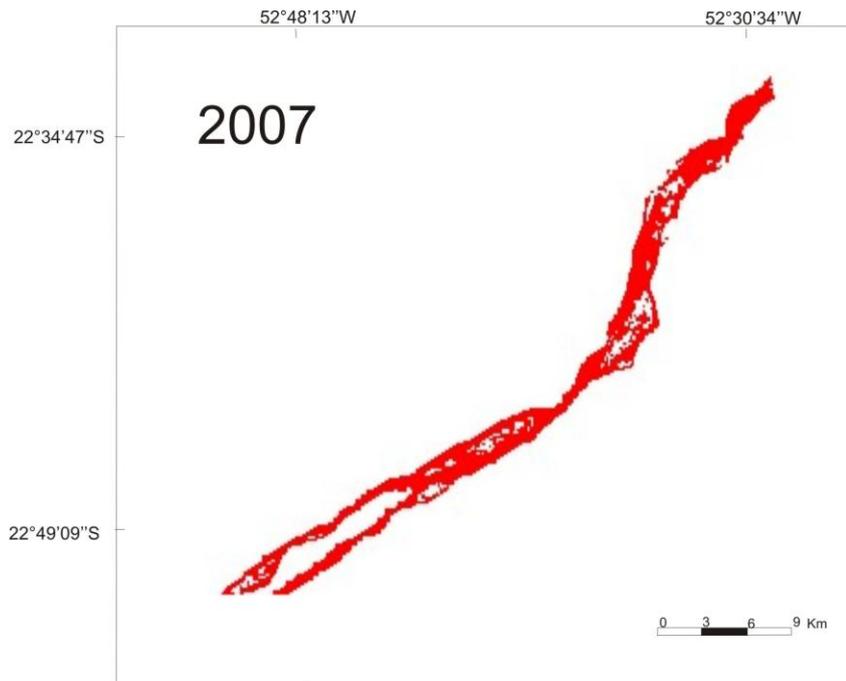


FIGURA 9 – CANAL DO RIO PARANÁ EM 21/03/2007. IMAGEM DO SATÉLITE CBERS 2/CCD, CENA 161/125.

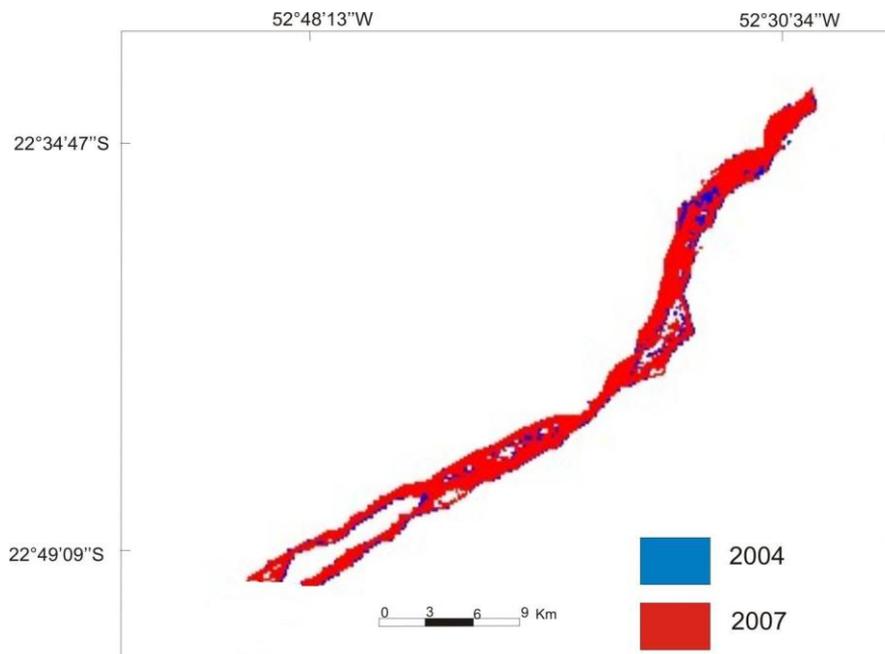


FIGURA 10 – SOBREPOSIÇÃO DAS IMAGENS DE 2004 E 2007. AS ÁREAS DEPOSICIONAIS ESTÃO EM AZUL.

A avaliação de área do canal utilizou as passagens de 2004 e 2007, devido à inexistência de imagens dos anos de 2005 e 2006 em situação adequada para o trabalho. A área calculada para 24 de março de 2004 foi de 128,65 km² e para o ano de 2007 foi de 136,66 km², indicando um aumento de 8,01 km² na área do canal. Ou

seja, os processos erosivos foram dominantes no período, o que levou à ampliação da área de água no canal do rio Paraná à uma taxa média de 2 km²/ano.

Os dados obtidos e os já existentes permitiram a elaboração da síntese exibida no quadro 1, que mostra a área do canal no período avaliado.

Dia	20/04	16/01	14/03	05/04	15/05	24/03	21/03
Ano	1976	1982	1987	1995	2000	2004	2007
Área (km²)	124,05	125,01	125,06	126,07	126,32	128,65	136,66
Diferença de área (Km²)		0,6	0,5	1,01	0,25	2,33	8,01
Taxa de variação anual (km²/ano)		0,1	0,1	0,13	0,05	0,5	2,67

QUADRO 1 – ÁREA DO CANAL PARA OS ANOS DE 1976, 1982, 1987, 1995, 2000, 2004 E 2007

FONTES: Os autores (2006, 2007); Os dados referentes a 1987 e 2004 foram obtidos de SANTOS e SOUZA FILHO (2006).

Os valores das taxas de variação anual da área do canal demonstram que desde abril de 1976 o canal tende ao alargamento. Ou seja, os processos erosivos são mais intensos que os deposicionais.

Os dados indicam também que após a redução da taxa observada no período entre 1995 e 2000 (construção e pós barragem), os valores tornaram-se mais elevados no período 2000 a 2004 e significativamente maiores após a cheia de 2007. Ou seja, as passagens utilizadas indicam que após o fechamento da barragem houve um período em que as taxas erosivas foram diminuídas (período de baixas descargas) e após isso a intensidade da erosão marginal aumentou.

Tal aumento pode estar relacionado à redução do volume das barras causado pelo corte de suprimentos detríticos e indicar que os processos deposicionais tenham diminuído de intensidade.

Os valores obtidos para o período entre 2004 e 2007 demonstram que a ação da cheia de 2007 foi marcante visto que a taxa de ampliação do canal aumentou para mais de 2,60 km²/ano. Neste caso, o aumento da taxa pode ser atribuído à intensificação dos processos erosivos proporcionados pelo aumento da velocidade de fluxo em descargas mais elevadas que aquelas que o rio vinha apresentando após a conclusão da barragem.

5 CONCLUSÕES

Os valores obtidos para a área do canal nas diversas datas utilizadas demonstram que os processos erosivos já dominavam sobre os deposicionais desde 1976 e continuaram dominando após a construção da barragem.

Contudo, os dados demonstram que antes do fechamento o domínio era muito pequeno, o que permitia a ampliação do canal a uma taxa de 0,1 km²/ano. Ou seja havia uma condição de quase equilíbrio entre os dois processos.

Após a construção da barragem, após um curto intervalo de taxas muito baixas, os processos erosivos aumentaram sua intensidade em relação aos processos deposicionais e este domínio é acentuado em descargas de cheias excepcionais.

REFERÊNCIAS

BORGES, C. Z. - 2004 - **A erosão marginal no rio Paraná após a conclusão da barragem de Porto Primavera**. Dissertação de mestrado, PGE, 55pp (inédito).

CORRÊA, G. T. - 1998. **O uso do solo no arquipélago Mutum-Porto Rico – Alto rio Paraná, (PR/MS)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá. 27pp.

CORRÊA, G. T. – 2004 – **A erosão marginal no arquipélago das ilhas Floresta e Japonesa**. Tese de doutorado, PEA, 97 pp (inédito).

FERNANDEZ, O. V. Q. - 1990. **Mudanças no Canal Fluvial do Rio Paraná e Processos de Erosão nas Margens: Região de Porto Rico, Pr**. UNESP. Campus de rio Claro (Dissertação de Mestrado).

FERNANDEZ, O.V.Q. & SOUZA FILHO, E.E. - 1995. **Efeitos do regime hidrológico sobre a evolução de um conjunto de ilhas no rio Paraná, PR**. Boletim Paranaense de Geociências, Ed. UFPR, Curitiba, PR, 43: 161-171.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - 1990. **Geografia do Brasil, Região Sul**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. – 2004. **“Tutorial (Apostila Teórica) – Introdução ao SPRING – Geoprocessamento ao alcance de Todos”**. São José dos Campos, INPE.

PUERTA, L. L.; SOUZA FILHO, E. E. - 2006. **Estudo da variação de área do canal do rio Paraná no segmento entre a UHE Porto Primavera e a ilha Mutum, por meio de imagens MSS (LANDSAT 1,2 e 3)**. XV EAIC – Encontro Anual de Iniciação Científica PIBIC/CNPQ, UEPG -2006.

PUERTA, L. L.; SOUZA FILHO, E. E. - 2006. **Modificação de área do canal fluvial do rio Paraná, por meio de imagens orbitais. Caso: UHE Porto Primavera até Ilha Mutum**, 2006. XI Seminário Latino Americano de Geografia Física. Maringá, 2006.

PUERTA, L. L.; SOUZA FILHO, E. E. – 2007. **O uso de imagens CCD/CBERS 2 e de imagens MSS / LANDSAT 1, 2 e 3 para análise da dinâmica fluvial de um segmento do alto rio Paraná**. XVI EAIC – Encontro Anual de Iniciação Científica PIBIC/CNPQ, UEM - 2007.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E.; COMUNELLO, E.; CORRÊA, G. T. (2002). **Evolução hidrodinâmica e processos erosivos marginais nos canais do sistema de inundação do alto rio Paraná, Região Centro Sul do Brasil**. Revista Pesquisas, Porto Alegre, v. 28, n. 02, p. 161-170.

SOUZA FILHO, E. E. – 1991. **Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (Pr)**. São Paulo, 1991, tese de (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SOUZA FILHO, E. E. & STEVAUX, J. C. – 2003 – Relatório PELD, Meio Físico, www.uem.nupelia/peld.

SANTOS, GISELE BARBOSA DOS; SOUZA FILHO, E. E. **Uso de imagens LANDSAT/TM para o calculo de área do canal do rio Paraná**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/IAG, 2006.

(Recebido em 04.04.2011. Aceito em 08.08.2011)