

Avaliação de larga escala temporal da concentração de sedimentos em suspensão do Alto Rio Paraná via sensoriamento remoto

Montanher, O.C. (INPE) ; Souza Filho, E.E. (UEM)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da aplicação de um modelo empírico entre a concentração de sedimentos suspensos (CSS) e dados orbitais para o Alto Rio Paraná. A frequência dos dados in situ e estimados remotamente são comparados. Além da diminuição da carga em suspensão, já documentada na bibliografia, esta abordagem permitiu avaliar as alterações que a barragem provocou na dinâmica anual da CSS e sua relação com a vazão.

PALAVRAS CHAVES

Barragem de Porto Primavera; Landsat 5; carga em suspensão

ABSTRACT

This study aim to show the results of application of an empirical model relating suspended sediment concentration (SSC) to orbital data for the Upper Paraná River. The frequency of in situ data and remotely estimated are compared. In addition to decrease in the suspended load, already reported in bibliography, this approach allows to assess the changes induced by dam in the annual dynamics of SSC and its relationship with the fluvial discharge.

KEYWORDS

Porto Primavera Dam; Landsat 5; suspended load

INTRODUÇÃO

O sistema fluvial do Rio Paraná o é o mais afetado pela implantação de hidrelétricas e represamentos da América do Sul. Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para compreensão dos efeitos destas construções no Alto Rio Paraná (ARP) à jusante da barragem de Porto Primavera, último trecho do rio livre de represamentos em território brasileiro (Souza Filho et al., 2001; Arenas-Ibarra, 2008; Souza Filho e Stevaux (2008, 2009), Souza Filho, 2009). Tais autores sustentam que as barragens, em especial a de Porto primavera, têm acarretado mudanças morfológicas nesta área, além do controle da descarga fluvial e corte do suprimento de carga de fundo. Em relação a carga suspensa, houve uma diminuição da concentração de sedimentos em suspensão (CSS), devido à deposição deste material à montante da barragem de Porto Primavera. Embora muitos estudos tenham sido feitos no ARP com uso de dados de sensoriamento remoto (Andrade, 2008; Montanher e Souza Filho, 2010), grande parte dos dados que sustentam as afirmações feitas pelos autores sobre as interferências das barragens no sistema fluvial são adquiridos in situ, como taxas de erosão marginal e a própria CSS, como no estudo de Souza Filho et al., (2001). Especificamente para a CSS, há uma escassez e descontinuidade dos dados in situ que muitas vezes não permite reproduzir com precisão a dinâmica e os processos de transporte de sedimentos em suspensão nesta área. Recentemente foi desenvolvido um modelo empírico entre dados in situ e imagens orbitais para estimativa remota da CSS, que permite a recuperação de grande quantidade de dados para esta área, o qual foi aplicado apenas em situações específicas de eventos de cheias (Montanher e Souza Filho, 2010). Portanto, este trabalho visa apresentar os resultados das estimativas da CSS via dados orbitais para o ARP. Também são apresentados avanços na compreensão da resposta do ARP ao barramento de Porto Primavera, principalmente em relação à dinâmica temporal.

MATERIAL E MÉTODOS

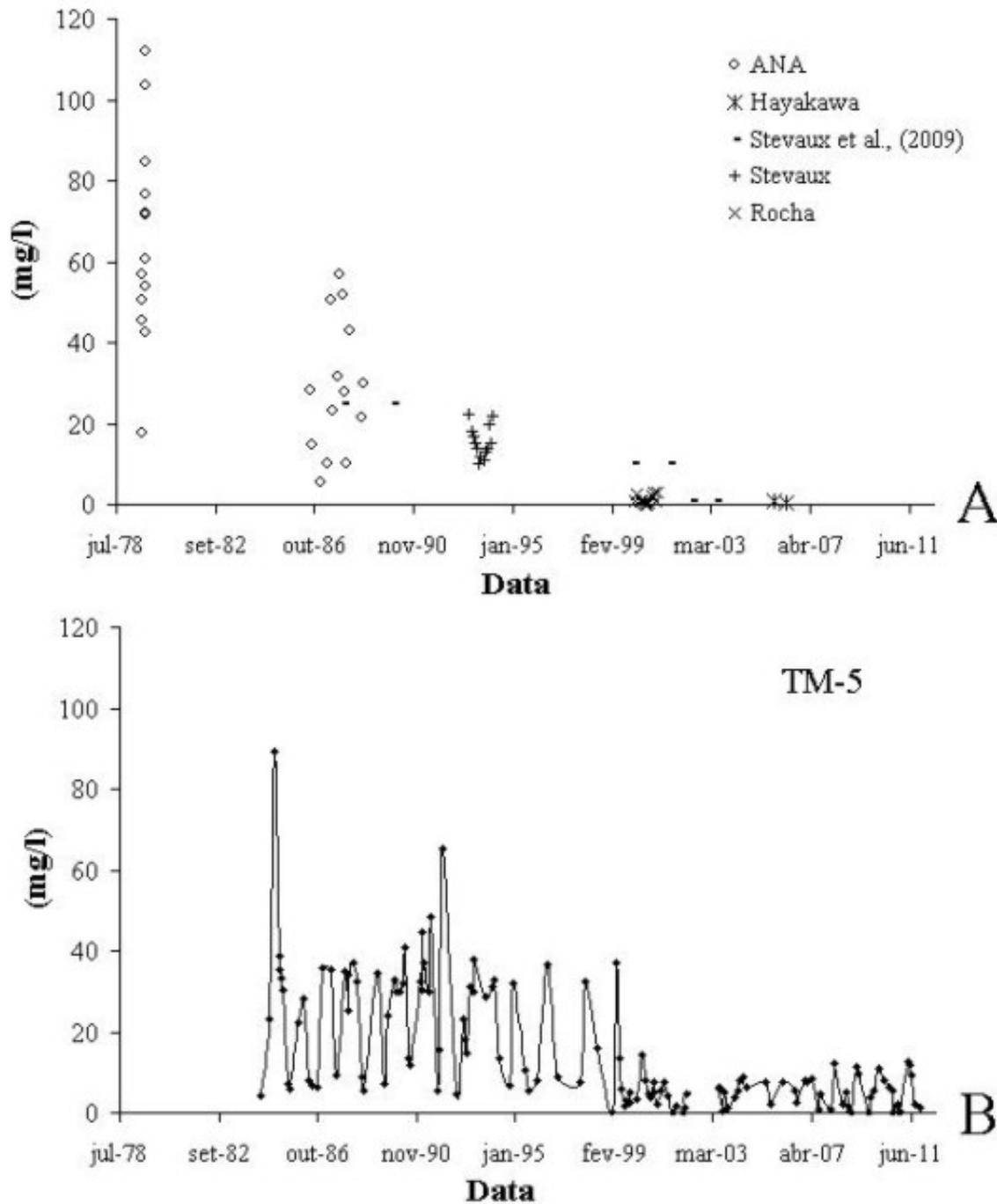
A CSS para o ARP foi remotamente estimada a partir de imagens Landsat 5, com uso dos modelos empíricos gerados por Montanher e Souza Filho (2011): $CSS = 10,208(B3)-83,55$ (1) $CSS = -15,858(\ln((B4/B3)/B2))-19,172$ (2) $CSS = 0,352(-15,858(\ln((B4/B3)/B2))-19,172)$ (3) Onde: $B4 =$

banda TM4; B3 = banda TM3; B2 = banda TM2. Cada modelo é específico para um determinado tipo de água, em que o primeiro se aplica à águas turbidas, opticamente controladas por sedimentos em suspensão, o segundo modelo é um grupo intermediário e o terceiro aplica-se à águas muito límpidas. O catálogo de imagens da DGI (www.dgi.inpe.br/CDSR) foi consultado para aquisição de todas as imagens Landsat 5 possíveis de aplicação para recuperação da CSS. A qualidade radiométrica e a cobertura de nuvens foram avaliadas nesta etapa. Um total de 135 imagens, de órbita ponto 223/076, foram adquiridas, abrangendo o período entre 1984 e 2011. O processamento destes dados envolveu a conversão do ND para refletância aparente segundo Markham e Barker (1986), e a correção atmosférica com uso do código 6S (Vermote et al., 1997). Estas conversões foram realizadas de modo semi-automático, com uso do X-6sCorr (Montanher e Paulo, submetido para publicação). Após as conversões de unidades físicas os pixels correspondentes ao centro do canal do Rio Paraná, à jusante da barragem de Porto Primavera, foram amostrados e a matemática de bandas dos modelos empíricos foi aplicada. Os dados de CSS *in situ* disponíveis na literatura e disponibilizados pela ANA (www.ana.gov.br/portalsnrh) foram reunidos para comparação com a quantidade de dados estimados remotamente. A partir do mesmo endereço eletrônico também foram adquiridos dados de vazão para avaliação da relação com a CSS estimada. Os dados correspondentes ao banco de dados da ANA são da estação de Porto São José, PR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

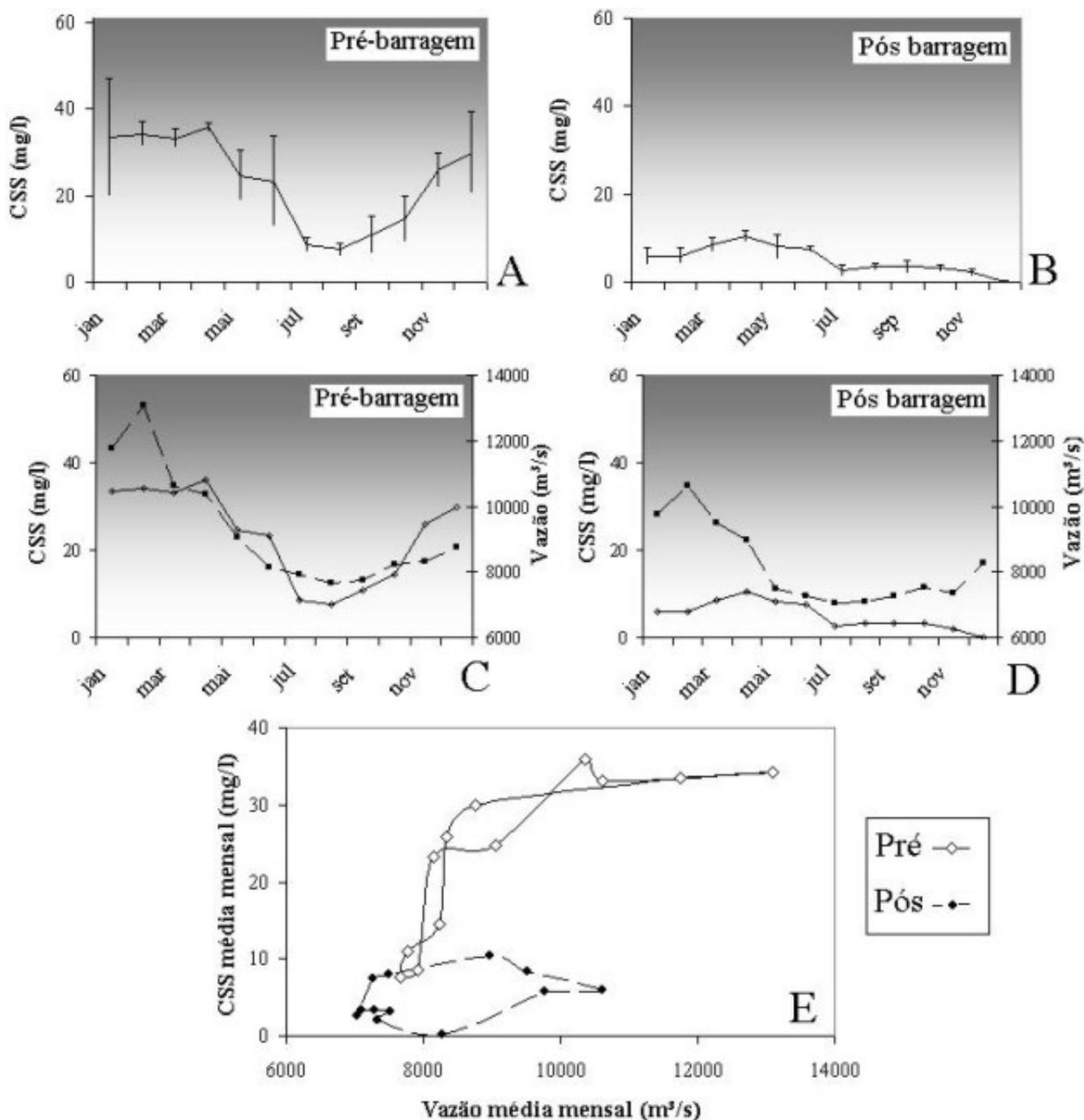
Dados *in situ* de CSS do ARP foram adquiridos por Stevaux (1994), Rocha (2001), Hayakawa (2007) e Stevaux et al., (2009). Em conjunto com tais dados, a base de dados da ANA também foi adquirida (Figura 1.A). Estes dados mostram uma tendência geral de diminuição da CSS das décadas de 80 e 90 para a década de 2000. Os dados da ANA de 1979 apresentam um evento de rápida elevação da CSS, provavelmente vinculado a um fenômeno específico de aporte sedimentar ao Rio Paraná. Stevaux et al., (2009) fornece apenas valores médios para os três períodos, por isso são representados por traços. Observe que esta base de dados *in situ* não possui uma continuidade temporal que permita avaliar com precisão a dinâmica sazonal da CSS, muito embora indiquem a diminuição da CSS na década de 2000, após a conclusão da barragem de Porto Primavera. A Figura 1.B apresenta os dados estimados remotamente. Em relação à amplitude temporal, há dados TM apenas a partir do ano de 1984, quando o satélite foi lançado. Outra limitação é a lacuna de dados para o ano de 2002, em que não há imagens por falhas na operação do satélite. Estes dados demonstram com clareza os efeitos da barragem de Porto Primavera, em que os mínimos anuais anteriormente à conclusão são muito próximos aos valores máximos anuais para o período posterior. A média passou de 24,52 para 4,91 mg/l após o barramento, uma diminuição de cerca de 80%. O desvio padrão também diminuiu, de 15,82 para 3,7 mg/l, o que reduziu muito a variabilidade da turbidez no ambiente. Embora os máximos anuais variem entre 30 e 40 mg/l, podem ser observados nos anos de 1985 e 1992 valores muito acima deste patamar. Além da diminuição no transporte de carga sedimentar suspensa, a barragem de Porto Primavera também provocou mudanças em sua dinâmica temporal (Figura 2.A e B). Os valores mensais médios da CSS anteriormente à barragem apresentam os mínimos nos meses de julho e agosto (inverno), período típico de baixa precipitação no centro-sul brasileiro. Para este período, havia uma boa concordância entre a vazão e a CSS (Figura 2.C). Para o período após a barragem, os mínimos estão no mês de dezembro (Figura 2.D), o que representa uma diferença de quatro meses. Levanta-se a hipótese de que além de reter parte da carga suspensa, o represamento está retardando a porção do material que ultrapassa a barragem. Isto possui uma séria interferência na relação entre vazão e carga suspensa do sistema, de forma que anteriormente à barragem, as variáveis eram aproximadamente sincrônicas, e para o período atual apresentam uma histerese anti-horária (Figura 2.E).

Figura 1



Dados de CSS coletados in situ, disponibilizados pela ANA e pesquisados na literatura.

Figura 2



Varição sazonal da CSS para os períodos antes e após a barragem de Porto Primavera (A e B) e plot com a vazão (C e D). Médias mensais para os dois períodos (E).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre os dados adquiridos in situ e estimados remotamente mostrou que uma quantidade de dados maior do que a base de dados existente foi adquirida a partir desta metodologia. Esta nova base de dados representa novas possibilidades de estudo para o ARP, em que hipóteses de larga escala temporal podem ser levantadas e avaliadas. Os resultados das estimativas permitem concluir que houve diminuição dos valores médios e desvio padrão da CSS após o barramento de Porto Primavera. Apesar de que, após a barragem ainda há uma variação anual de mínimos e máximos, esta foi totalmente alterada em relação ao período do ano em que

ocorre. Como resultado desta mudança temporal, a relação da CSS com a vazão, que era aproximadamente sincrônica, claramente tornou-se uma histerese anti-horária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

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.

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. Dissertação de Mestrado em Geografia, UEM, Maringá 2007.

MARKHAM, B.L.; BARKER, J. L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperature. EOSAT Landsat Technical Notes, No.1, august, 8p., 1986.

MONTANHER, O. C., PAULO, M. C. M. submetido para publicação. X-6Scorr: Conversão semi-automática de números digitais de imagens orbitais para FRB baseada em metadados XML e código 6S. Revista Brasileira de Cartografia.

MONTANHER, O. C.; SOUZA FILHO, E. E. 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. Revista de Geografia. v. 27, n. 2, p. 164 - 177, 2010.

MONTANHER, O. C.; SOUZA FILHO, E. E. Geração de algoritmos para predição de carga em suspensão em corpos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Paraná com uso de imagens Landsat TM5. In: XV SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba, Anais eletrônicos... Curitiba: INPE, 2011, p. 5340 - 5347.

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

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Relatório PELD, A planície inundável do rio Paraná: estruturas e processos ambientais. Meio Físico - Geologia e Geomorfologia. Disponível no site <http://www.peld.uem.br/Relat2007/index07.htm>. 2008.

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Relatório PELD, A planície inundável do rio Paraná: estruturas e processos ambientais. Meio Físico - Geologia e Geomorfologia. Disponível no site <http://www.peld.uem.br/Relat2008/index07.htm>. 2009.

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.

STEVAX, J. C. The Upper Paraná River (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. Quaternary International. v. 21, p. 143 -161, 1994.

STEVAX, J. C. ; MARTINS, D. P. ; MEURER, M. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. Geomorphology. v. 113, n. 1-2, p. 230 - 238, 2009.

ROCHA, J. A. As características geomorfológicas do canal do rio Paraná no segmento imediatamente a jusante da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera. Dissertação de Mestrado em Ecologia de sistemas Aquáticos continentais, UEM, Maringá. 2001.

VERMOTE, E. F; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M.; MORCLETTE, 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.