

DINÂMICA SEDIMENTAR AVALIADA POR SENSORIAMENTO REMOTO E SUA INFLUÊNCIA NO SISTEMA ÁQUÁTICO DO RESERVATÓRIO DE ITAIPU-PR BRASIL

AGUIAR, A.M. ¹

1 Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aqüicultura/ NUPÉLIA Universidade Estadual de Maringá/UEM. Endereço atual: Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo / USP Av. Prof. Lineu Prestes, 338. Cidade Universitária. São Paulo SP. alexmarkes@hotmail.com

GOMES, L.C. ²

2 Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aqüicultura/ NUPÉLIA Universidade Estadual de Maringá/UEM. Av. Colombo, 5790 - Blocos H90/G90 - Campus Universitário. Maringá PR. lcgomes@nupelia.uem.br

RESUMO

Os resultados deste trabalho referem-se as recentes mudanças hidrogeomorfológicas que afetam o sistema aquático do reservatório de Itaipu. Localizado na bacia hidrográfica do rio do Paraná, entre a fronteira do Brasil e Paraguai, entre as latitudes 24°01'09" - 25°28'58" S e longitudes de 54°08'54" - 54°51'16" W, o reservatório estende-se desde o município de Guairá até Foz do Iguaçu (PR). Possui aproximadamente 150 Km de comprimento e lamina de água com área superficial de 1.350 Km². Dentre de tais mudanças, a ocorrência do transporte e deposição de sedimentos são processos predominantes com efeitos na disponibilidade de luz e nutrientes na água, causando efeito na pesca comercial conduzida no reservatório. Desta forma, considerando a potencialidade de uso do sensoriamento remoto, as características dos sensores orbitais e os mecanismos de interação da radiação eletromagnética com a água, foi possível quantificar a variação da reflectância de superfície (RS) da água como indicador da ocorrência de sedimentos em suspensão no reservatório de Itaipu, que influencia na distribuição de peixes no reservatório. Foram utilizadas imagens da banda 3 do sensor (CCD/CBERS2) com datas de passagem em 24/03/2004 e 19/09/2004. Os dados de rendimento da pesca e comprimento do reservatório foram correlacionados com os valores de (RS) obtidos ao longo do corpo central do reservatório. As correlações, apresentam uma forte dinâmica no fluxo de energia do sistema aquático do reservatório, a qual produz compartimentação do sistema ao longo das zonas: fluvial, transição e lacustre.

Palavras Chave: dinâmica sedimentar, reservatório de Itaipu, sensoriamento remoto.

INTRODUÇÃO

Os resultados deste trabalho de pesquisa referem-se as recentes mudanças hidrogeomorfológicas que afetam o sistema aquático do reservatório de Itaipu. Segundo Tundisi (1993) as influências da modificação do fluxo d'água, morfometria, circulação de nutrientes, tempo de retenção hidráulica de um reservatório, forma da barragem e sua operação, representam notáveis influências na natureza e intensidade da duração dos gradientes físicos e químicos (longitudinais e verticais), afetando a estrutura e dinâmica do sistema. Dentre tais modificações, a ocorrência do transporte e deposição de sedimentos são processos predominantes com efeitos na disponibilidade de luz e nutrientes na água, com reflexos na pesca comercial conduzida no reservatório. O transporte de sedimentos na água é feito pelas correntes atuantes, que irão determinar os locais preferenciais de deposição das partículas e de assoreamento.

Considerando a potencialidade de uso do sensoriamento remoto, as características dos sensores orbitais e os mecanismos de interação da radiação eletromagnética com a água, foi possível quantificar a variação da reflectância de superfície (RS) da água como indicador da ocorrência de sedimentos em suspensão ao longo do reservatório de Itaipu, e sua correlação na distribuição de peixes no reservatório.

Assim, o sensoriamento remoto é aplicado ao longo de em um grande reservatório neotropical, e pode servir de metodologia para gerar informação de indicação temporal e espacial de possíveis alterações hidrogeomorfológicas. Thornton (1981), descreve três zonas ao longo dos reservatórios, a fluvial (incluindo a região de formação de delta), transição e lacustre. Estas zonas podem ser identificadas pela taxa de sedimentação e sua extensão, fortemente relacionada com o fluxo de água e seu tempo de retenção no sistema.

Thornton et al. (1990), enfatiza que o sedimento não é somente o principal poluente da água por peso e volume, mas também o principal transportador e catalisador de partículas provenientes de defensivos agrícolas, resíduos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos.

ÁREA DE ESTUDO

Localizado na bacia hidrográfica do rio do Paraná, entre a fronteira do Brasil e Paraguai, entre as latitudes 24°01'09" - 25°28'58" S e longitudes de 54°08'54" - 54°51'16" W, o reservatório está inserido no alto curso do Rio Paraná, e estende-se desde o município de Guairá até Foz do Iguaçu (PR). O reservatório possui aproximadamente 150 km de comprimento e lâmina de água com área superficial de 1.350 km².

Suas margens e reentrâncias inserem-se na bacia hidrográfica do Paraná III com uma área de 8.389 km², onde estão localizados os seguintes afluentes: rio Taturi, rio Chororó, rio Guaçu, rio São Francisco Verdadeiro, rio São Francisco Falso braço norte, rio São Francisco Falso braço sul, rio São Vicente, rio Ocoí, rio Pinto, rio Passo Cué, rio Guabioba (Figura 1). Em função de sua situação geográfica, o reservatório funciona como um coletor e concentrador do material acumulado e transportado dos ecossistemas aquáticos a montante.

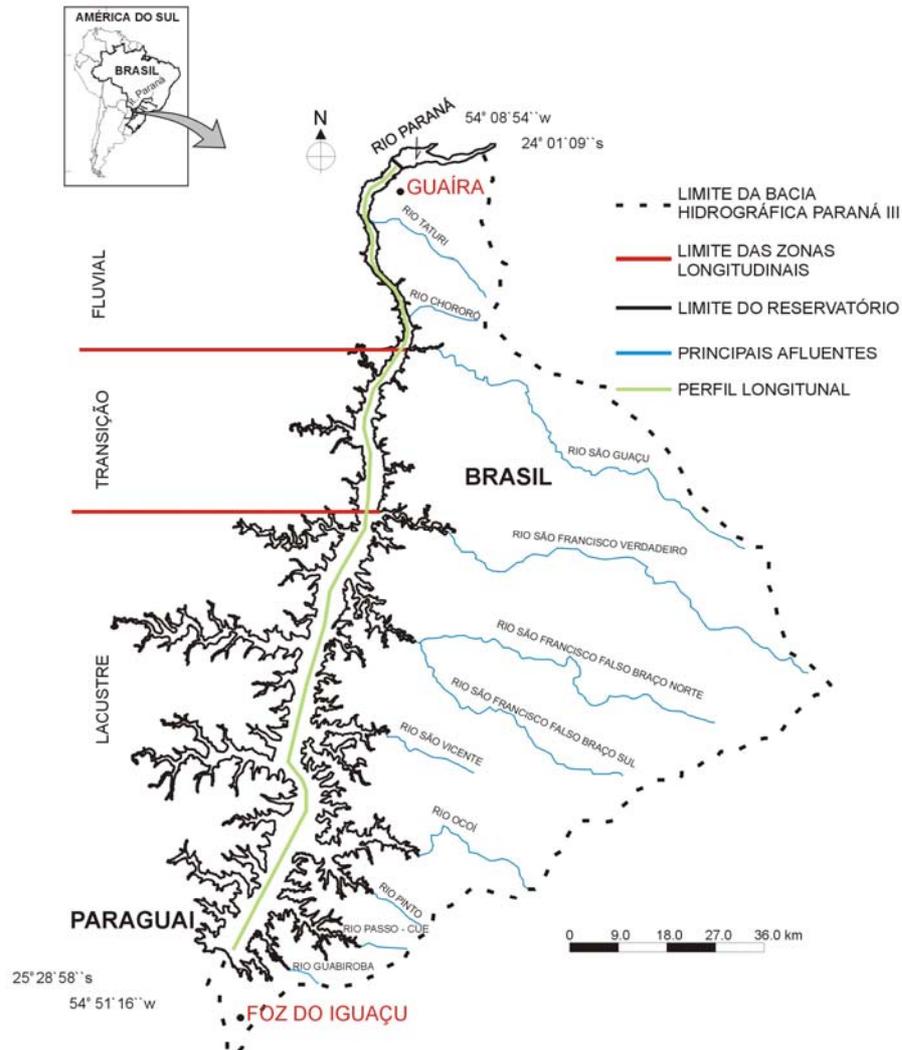


Figura 1: Representação da bacia do Paraná III e o reservatório de Itaipu

Antes da formação do reservatório de Itaipu, o canal principal do rio Paraná apresentava-se visualmente encaixado no substrato rochoso da Formação Serra Geral (Cretáceo Superior), em função dos alinhamentos estruturais NE-SW que mantiveram a forma retilínea com fraca sinuosidade do canal.

Atualmente, este segmento do rio possui um padrão morfológico de reservatório dendrítico em decorrência das extensas reentrâncias ou braços laterais, formadas após a inundação dos principais afluentes do antigo canal (Figura 2).

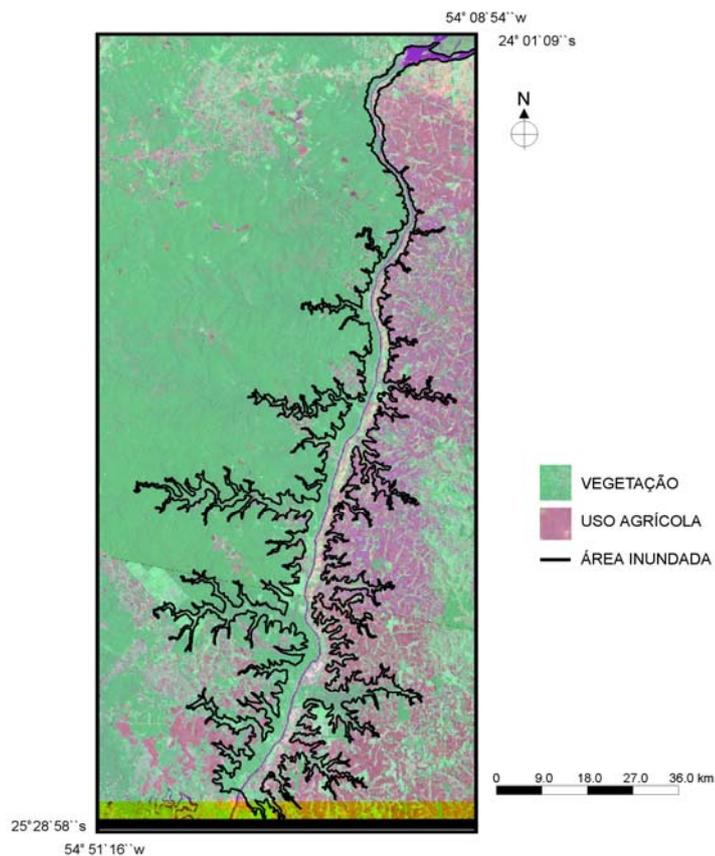


Figura 2: Imagem sintética das bandas 4, 5 e 6 do satélite Landsat 2 de 04/06/1977, com sobreposição do limite atual do reservatório.

O padrão dendrítico desenvolve-se, freqüentemente, em regiões com extensa rede de pequenos rios, tendo como consequência o estabelecimento de gradientes horizontais nos inúmeros braços formados.

Quanto a ocorrência de vegetação, em 1977 a margem direita do rio Paraná possuía maior abundância de áreas verdes em relação à margem esquerda (Figura 2). Estima-se que tenha sido inundado 821,38 km² da vegetação ocorrente antes do represamento.

METODOLOGIA

No levantamento dos dados de RS foram utilizadas técnicas de processamento digital de imagens, por meio do software SPRING 4.0. O sensor utilizado foi o da Câmara de Alta Resolução CCD (*Couple Charged Device*), do satélite Sino-Brasileiro de recursos terrestres CBERS (*Chinese-Brazilian Earth Resource Satellite*). Para Jensen (2000), o procedimento estratégico para utilizar o sensoriamento remoto em sistemas aquáticos consiste em extrair a radiação de interesse das outras radiações que, somadas, resultam na

radiação total. Quando o interesse é identificar os constituintes orgânicos e inorgânicos, o ideal seria isolar a radiação da sub-superfície; no entanto, se o interesse é identificar a profundidade do canal, isola-se a radiação do fundo do leito. Um dos procedimentos indicados para remover a atenuação da radiação indesejada é realizar correções radiométricas e atmosféricas. Para atenuar os processos que interferem na qualidade das informações oferecidas pelo sensor, as imagens passaram pelo processo de calibração absoluta, ou seja, foi relacionado o número digital existente nas imagens por ele gerada com valores de radiância, permitindo assim a transformação dos níveis de cinza presentes nessas imagens em valores físicos, de reflectância.

A calibração foi realizada utilizando-se o sistema computacional SCORADIS (Sistema de Correção Radiométrica de Imagens de Satélite), aplicativo desenvolvido pelo Centro de Estudos Meteorológicos e Climáticos Aplicados à Agricultura da Universidade Estadual de Campinas (CEPAGRI/UNICAMP) que tem como objetivo aplicar o modelo 5S (*Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*), também conhecido como método físico de transferência radiativa atmosférica.

Foram utilizadas imagens da banda 3 do sensor (CCD/CBERS2) com datas de passagem em 24/03/2004 e 19/09/2004, com resolução espectral entre 0,63 - 0,69 μ m. Este intervalo espectral é descrito em diferentes fontes bibliográficas, como apropriado para estudo de sedimentos em suspensão. Os trabalhos de Han (1997), e Jensen (2000), apresentam resultados do comportamento espectral de diferentes misturas de água para estimar a variação dos componentes da água. Tais estudos confirmam que a magnitude da variação espectral um corpo d'água depende da interação da radiação solar com a concentração e tipo dos componentes presentes na água, na qual, os componentes absorvem seletivamente a radiação.

Para identificação dos efeitos da variação de RS, como indicador de sedimentos em suspensão, foi levantado dados dos rendimentos da pesca comercial conduzida no reservatório, e dados do comprimento do reservatório (obtidos durante o processamento digital das imagens). Estes dados foram correlacionados com os valores de RS obtidos ao longo do corpo central do reservatório, e analisados.

A pesquisa foi desenvolvida no Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aqüicultura (Nupélia), da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Também foi realizada uma visita no setor de meio ambiente da Itaipu Binacional para o levantamento de informações pertinentes a pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi criado um banco de dados com as imagens do satélite CBERS2, como também dos dados derivados das técnicas de processamento digital de imagens de satélite. Os resultados da correlação entre comprimento do reservatório e RS apresentaram valores de $-R^2 = 0,92$ e $-R^2 = 0,81$ para as datas de 24/03/2004 e 19/09/2004. A análise estatística da variação da RS com os dados de campo referentes ao rendimento da pesca comercial do reservatório no ano de 2003, ao longo das zonas longitudinais (fluvial, transição e lacustre), apresentou correlação linear positiva com $-R^2 = 0,75$ na data de 24/03/2004 e $-R^2 = 0,88$ para a data de 19/09/2004. As informações de variação da RS ao longo do reservatório foram espacializadas na forma de mapas, e as correlações de variação de RS x comprimento do reservatório foram plotadas em gráficos (Figuras 3, 4, 5, 6, 7).

Os resultados indicam a existência de gradientes espaciais ao longo do reservatório, os quais são influenciados pelas alterações da deposição, natureza e concentração dos sedimentos. De fato Okada *et al* (no prelo) também observou, um gradiente na estratégia de pesca dos pescadores ao longo do reservatório, analisando a variação das taxas de sedimentação ao longo do reservatório e o rendimento da pesca comercial.

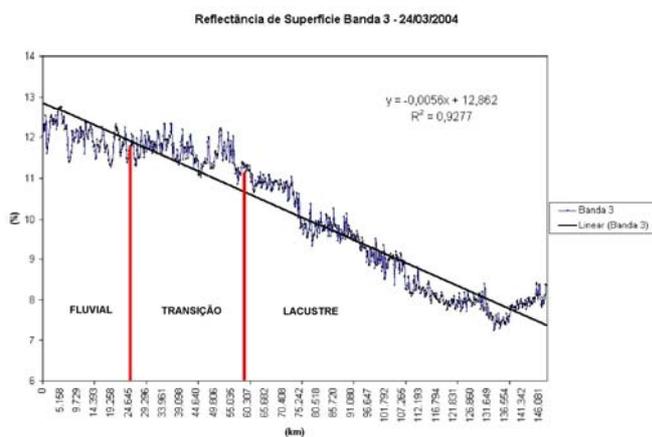


Figura 3: Gráfico RS x comprimento do reservatório, 24/03/2004.

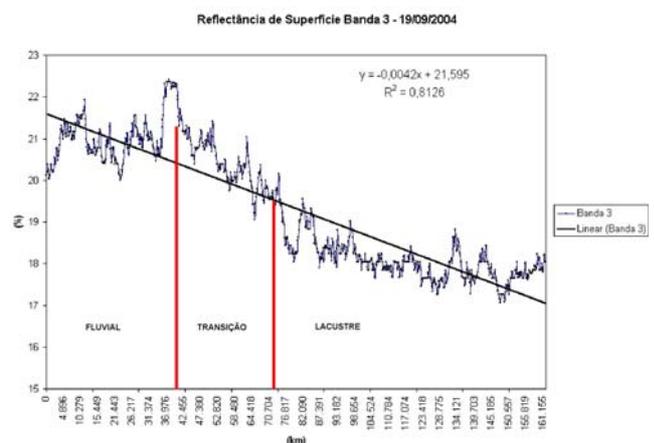


Figura 4: Gráfico RS x comprimento do reservatório 19/09/2004.

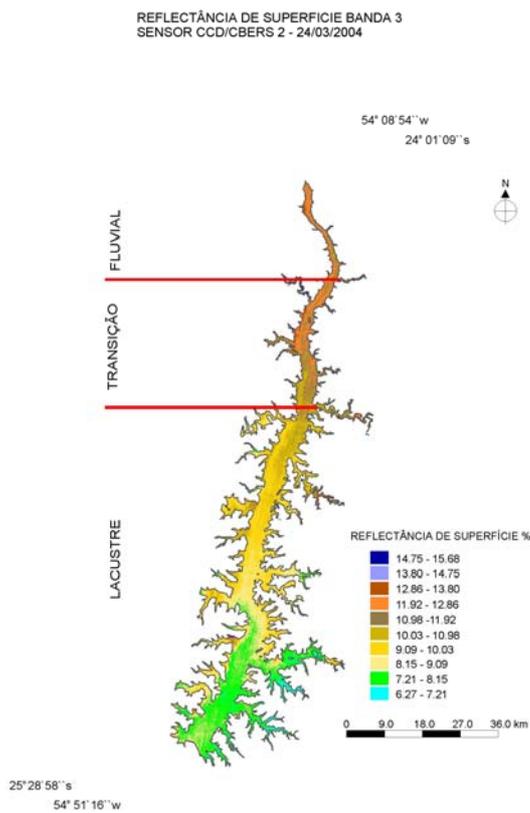


Figura 5: Distribuição longitudinal das classes de de RS em 24/03/2004.

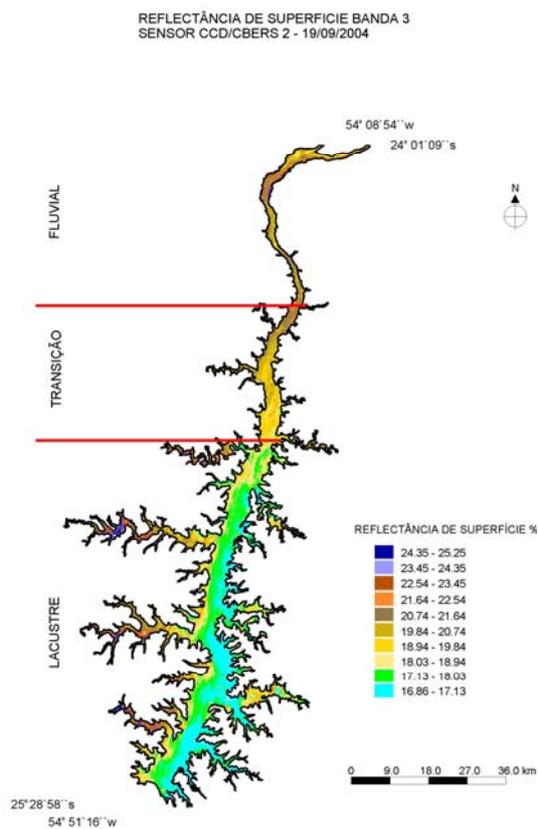


Figura 6: Distribuição longitudinal das classes de RS em 19/09/2004.

CONCLUSÃO

A primeira análise, comprimento do reservatório x RS, representa uma significativa correlação linear negativa dos dados, partindo da zona fluvial (mais superior), passando pela zona de transição até a zona lacustre (mais interna). Ou seja, os valores de RS foram mais elevados a montante, diminuindo gradualmente em direção a barragem, o que representa uma zonação longitudinal do reservatório. Este comportamento indica no sistema aquático do reservatório um possível decréscimo de sedimentos em suspensão da zona fluvial em direção a zona lacustre.

Para a segunda análise, rendimento da pesca comercial x RS, tem-se uma correlação linear positiva que indica um decréscimo da RS e do rendimento de pesca no sentido longitudinal, ou seja, os maiores rendimentos de pesca estão localizados nas áreas de maior ocorrência de RS. Desta forma, as correlações obtidas, indicam uma forte dinâmica no fluxo de energia no ecossistema aquático do reservatório relacionada com a ocorrência de sedimentos em suspensão, a qual produz zonação do sistema. Isto implica

em reflexos no rendimento da pesca, como também na estratégia de pesca dos pescadores.

Portanto, testou-se a possibilidade de espacializar e averiguar as mudanças no ecossistema aquático do reservatório, que reflete em toda cadeia alimentar. A expectativa é de que novos trabalhos de sensoriamento remoto venham a ser utilizado para o estudo do ambiente aquático do reservatório de Itaipu.

Agradecimentos a Itaipu Binacional através da pessoa do Dr Nelton Miguel Friedrich da Diretoria de Coordenação e dos colegas Hélio, Aroldo e Simone, pelas imagens e dados do reservatório. Também agradecemos ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura, em especial ao Dr Angelo Antonio Agostinho por disponibilizar os dados de rendimento da pesca comercial conduzida no reservatório de Itaipu.

REFERÊNCIAS

HAN, L. **Spectral reflectance with varying suspended sediment concentrations in pure and algal-laden waters.** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 63(6): 701-705, 1997.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the environment: an earth resources perspective / 1.** Earth sciences – Remote sensing. I Title. II Series. Prentice-Hall, Inc. Upper Sadle River, New Jersey, 2000 (colocar página).

OKADA, E. K.; AGOSTINHO, A. A., GOMES, L.C. no prelo. **Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large neotropical reservoir: the Itaipu Reservoir, Brazil.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.

THORNTON, K.W. **Sedimentary processes in Reservoir limnology: ecological perspectives.** Edited by K.W, B.I.Kimmel, and F.E Payne. John Wiley and sons, New York.pp.133-173, 1990

THORNTON, K.W., Kennedy, R.H., Carroll, J.H., Walker, W.W., Gunkel, R.C., and Ashby, S.. **Reservoir sedimentation and water quality – an heuristic model.** In Proceedings of the symposium on surface water impoundments. *Edited by* H.G. Stefan. Amer. Soc. Civil Engr. New York. pp. 654-661, 1981

TUNDISI, J.G. **Represas do Paraná Superior: Lmnologia e bases científicas para o gerenciamento.** In Conferencias de Limnologia La Prata: Instituto de Limnologia “Dr. R. ^a Ringuelet”. Edited by a Boltovskoy, and H.L. López. Pp.41-52. 1993.