



www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 14, n° 1 (2013)



A INFLUÊNCIA DO NÍVEL FLUVIOMÉTRICO SOBRE AS VARIÇÕES DE ÁREA DE ÁGUA E DA COBERTURA VEGETAL NA PLANÍCIE DO ALTO RIO PARANÁ

THE INFLUENCE OF WATER LEVEL ON THE CHANGES IN WATER AND VEGETATION COVER AREA IN THE UPPER PARANÁ RIVER FLOODPLAIN

Edvard Elias de Souza Filho

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá. GEMA – Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente. Avenida Colombo 5790, Zona 07, CEP 87020-900 - Maringá, PR.
E-mail: edvardmarilia@wnet.com.br*

Everton Hafemann Fragal

*GEMA – Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente - Avenida Colombo 5790, Zona 07
CEP: 87020-900 - Maringá, PR.
E-mail: ev3rt0n@hotmail.com*

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
14/03/2013

Data de Aprovação:
04/07/2013

Palavras-chave:

níveis fluviométricos;
cobertura vegetal; rio Paraná.

Keywords:

water level; vegetation;
Parana river

Resumo

A distribuição dos diversos tipos de vegetação existentes na planície fluvial do rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico (PR), é influenciada por diversos fatores, entre os quais a área ocupada pela água. Por sua vez, as áreas inundadas são controladas pelos níveis fluviométricos apresentados pelo rio Paraná e pelo seu afluente, o rio Ivinheima. Contudo, as características hidrodinâmicas do rio Paraná foram modificadas pela barragem de Porto Primavera, terminada ao final de 1998. O objetivo deste trabalho é verificar as relações entre o nível fluviométrico do rio Paraná e do rio Ivinheima com a área ocupada pela água e pelos diversos tipos de vegetação e, secundariamente, avaliar as transformações proporcionadas pela barragem de Porto Primavera sobre estas relações. Para isso, foram utilizadas 15 imagens LANDSAT 5/TM da órbita 223, ponto 076, das quais 10 obtidas no período entre 2001 e 2009 e cinco no período entre 1985 e 1994. As imagens foram registradas, tiveram a área de estudo recortada e foram submetidas à classificação por meio do uso de MLME e de Árvore de Decisão. As classes utilizadas foram água, vegetação higrófila, vegetação herbácea (e arbustiva), vegetação arbórea e solo exposto. Depois de classificadas, cada classe teve a sua área medida e os resultados para cada data foram correlacionados aos respectivos níveis fluviométricos do rio Paraná e do rio Ivinheima. Os resultados demonstraram que depois da barragem a área de água na planície e a soma da área de vegetação herbácea e solo exposto são controladas pela ação conjunta dos dois rios, que também influencia a área de vegetação higrófila. A área máxima de água na planície em vazante é de 24,8 km² e a partir dos níveis de 3,91 m (rio Paraná) e 1,57 m (rio Ivinheima) ela é ampliada de acordo com o aumento destes valores, podendo ser inteiramente coberta a partir de 8,73 m e 5,15 m. Antes da barragem, a área de água era

controlada pelo rio Paraná e a área de vegetação herbácea era controlada pela soma dos níveis dos dois rios, enquanto a área de vegetação higrófila era influenciada pelo nível do rio Paraná. A área máxima de água em vazante era de 23,4 km² e a partir de 4,24 m (rio Paraná) ela aumentava proporcionalmente de acordo com o nível do rio, até ser completamente coberta a 7,81 m. Os resultados obtidos demonstraram que a barragem de Porto Primavera modificou as relações existentes entre os níveis fluviométricos e a área ocupada pelos corpos de água, pela vegetação higrófila e pela vegetação herbácea e arbustiva na planície. A influência dos canais tornou-se maior nas fases iniciais da inundação, mas diminuiu nas fases mais avançadas.

Abstract

The distribution of the vegetation of the Paraná River floodplain is influenced by several factors, including the area occupied by water. In turn, the flooded areas are controlled by the water levels of the Paraná River and its tributary, the Ivinheima River. However, the hydrodynamic of the Paraná River were modified by the Porto Primavera Dam, completed at the end of 1998. The objective of this work is verify the relationship between the water level of the Paraná and Ivinheima Rivers with the area occupied by water and by various vegetation types and, secondarily, to assess the changes offered by the Porto Primavera Dam on these relations. For this reason, were used 15 LANDSAT-5/TM images, of which 10 obtained between 2001 and 2009 and five obtained between 1985 and 1994. The images were registered and classified by MLME and Decision Tree method. The used classes were: water, swamp vegetation, herbaceous vegetation, arboreal vegetation and exposed soil. The area of each class was measured and the results for each date were correlated to the respective water levels. The results showed that after the dam, the water area and the sum of the herbaceous vegetation and exposed soil areas are controlled by the joint action of the two rivers, which also influences the area of swamp vegetation. During the dry season, the maximum area of water is 24.8 km² and from levels of 3.91 m (Paraná River) and 1.57 m (Ivinheima River) it is expanded according to the increase of these values and can be entirely covered from 8.73 and 5.15 m. Before the dam, the flooded area was controlled by the Parana River levels and the herbaceous vegetation area was controlled by the sum of levels of both rivers. The swamp vegetation area was influenced by the Parana River levels. During the dry season, the maximum water area was 23.4 km² and from 4.24 m (Paraná River) it increased according to the level of the river, until it is completely covered to 7.81 m. The results showed that the Porto Primavera dam modified the relationship between the water levels and the area occupied by water bodies, swamp vegetation and herbaceous vegetation. The influence of the channels became larger in the early stages of the flood, but decreased in the later stages.

Introdução

Na planície fluvial do rio Paraná há diversos tipos de vegetação, caracterizados pelo domínio de formas arbóreas, arbustivas, herbáceas e higrófilas. A distribuição de cada uma delas obedece a vários tipos de controle, que incluem o micro relevo, a posição de blocos basculados e a variação dos níveis fluviométricos do sistema.

As relações entre as formas topográficas da planície e a vegetação foram descritas inicialmente por SOUZA FILHO (1993), que utilizou a vegetação arbórea para a cartografia dos diques marginais, a vegetação arbustiva para o mapeamento das áreas de paleo-barras e paleo-leques de rompimento de diques, a vegetação herbácea para a identificação das áreas de acumulação e a vegetação higrófila para a determinação das áreas úmidas.

A existência de blocos basculados que modificam a topografia da calha fluvial também foi discutida inicialmente por SOUZA FILHO (1993) e a definição das áreas altas e baixas da planície fluvial foi detalhada por ANDRADE & SOUZA FILHO (2011). Nas áreas mais altas, a vegetação arbórea também ocupa áreas de paleo-leques de rompimento de diques e paleo-barras enquanto a vegetação arbustiva

atinge até mesmo parte das paleo-bacias de inundação. Na parte baixa dos blocos ocorre o inverso e a vegetação higrófila ocupa parte das áreas de paleo-leques e de paleo-barras, pois são pouco inundáveis (FRAGAL & SOUZA FILHO, 2012).

O controle da distribuição da cobertura vegetal por meio do nível fluviométrico e da abrangência das áreas úmidas foi observado por HAYAKAWA *et al.* (2009), SAMIZAVA *et al.* (2009) e COUTO, *et al.* (2010). Tal controle foi quantificado por FRAGAL *et al.* (2012), que verificaram que a área inundada da planície, a área ocupada pela vegetação higrófila e a área de vegetação herbáceo-arbustiva possuem forte controle dos níveis fluviométricos do rio Paraná e do rio Ivinheima, um afluente do primeiro. Por sua vez, FRAGAL & SOUZA FILHO (2012) mapearam as áreas com alta, média e baixa frequência de inundação e verificaram que o regime existente até o final da década de 1990 havia sido modificado pela conclusão da barragem de Porto Primavera, em novembro de 1998. As modificações do canal fluvial fizeram com que a abrangência das cheias diminuísse.

Dessa maneira, há duas dúvidas a serem sanadas: a validade das relações obtidas por FRAGAL *et al.* (2012) para

outros períodos de tempo e a possível influência da barragem sobre a distribuição da cobertura vegetal da planície. Portanto, este artigo tem como objetivo verificar as relações entre o nível fluviométrico do rio Paraná e do rio Ivinheima com a área ocupada pela água e pelos diversos tipos de vegetação nos períodos de 1985 a 1994 e 2001 a 2009, além de avaliar as transformações proporcionadas pela barragem de Porto Primavera sobre estas relações.

A Área de Estudo

A área de estudo encontra-se na divisa entre os estados do Mato Grosso do Sul, do Paraná e São Paulo, no sul do Brasil, no polígono definido pelos paralelos de 22° 25' e 22° 50' S e pelos meridianos de 53° 30' e 52° 50' W (Figura 1). Neste local, o rio Paraná está controlado pela barragem de Porto Primavera e possui como principais afluentes o rio Paranapanema, controlado pela barragem de Rosana, e o rio Ivinheima, com fluxo natural. A descarga fluvial do rio Paraná é monitorada por meio da estação fluviométrica de Porto São José enquanto a do rio Ivinheima é monitorada pela estação de Ivinheima.

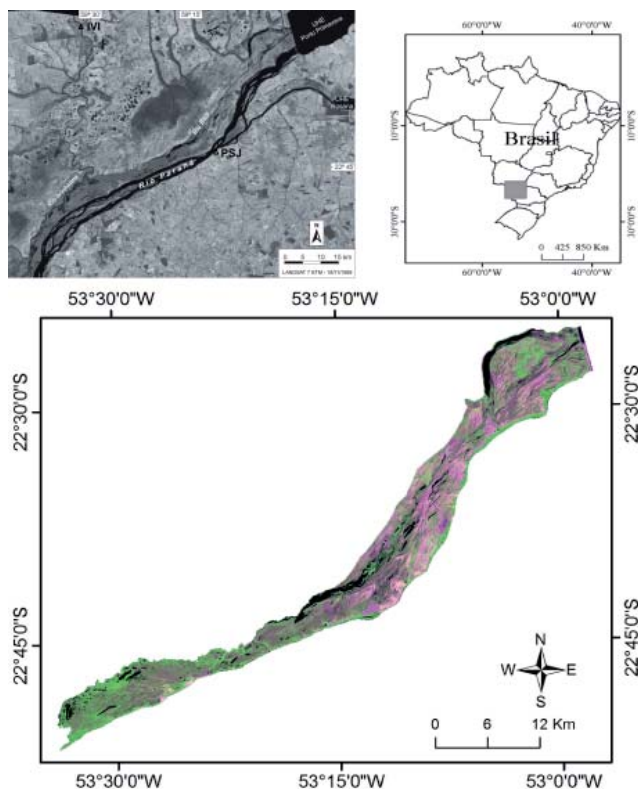


Figura 1 – Localização da área de estudo. Acima, recorte de imagem ETM com os principais rios, barragens e as estações fluviométricas de Porto São José (PSJ) e Ivinheima (IVI). Abaixo, área de estudo em composição colorida R5 G4 B7 de 26/06/2006.

A estação fluviométrica de Porto São José (código 64575003) situa-se no rio Paraná, a poucos quilômetros à jusante da foz do rio Paranapanema (Figura 1). A estação tem área de drenagem de 670.000 km² e foi instalada em 01/10/1963. No período entre 1964 e 2011 registrou descarga média de 8.828 m³/s (nível médio de 3,36 m), descarga máxima de 33.698 m³/s (nível de 8,74 m, em 18/02/1983) e mínima de 2.551 m³/s (nível de 0,27 m, em 22 e 29/09/1969). A partir de 1998, após a conclusão da barragem de Porto Primavera, a descarga média foi de 8.406 m³/s (nível de 3,18 m), a máxima foi de 20.030 m³/s (nível de 6,76 m, em 30/01/2005) e a mínima foi de 4.107 m³/s (nível de 1,17 m, em 09/07/2001).

A estação fluviométrica de Ivinheima (código 64617000) está situada no rio homônimo, a algumas dezenas de quilômetros acima da entrada do rio na planície do rio Paraná (Figura 1). Ela possui área de drenagem de 31.900 km² e foi instalada em 01/01/1983. A descarga média entre 1983 e 2011 foi de 378 m³/s (nível de 1,95 m), a máxima foi de 1803 m³/s (nível de 5,50 m, em 13 e 14/05/1992), enquanto a mínima foi de 111 m³/s (nível de 0,62 m, em 31/12/1985). A partir de 1998, a descarga média foi de 368 m³/s (nível de 1,90 m), a máxima foi de 1350 m³/s (nível de 4,79 m, em 22/11/2001) e a mínima de 139 m³/s (nível de 0,79 m, em 04/12/1999).

O rio Paraná possui período de cheia entre dezembro e abril, enquanto o rio Ivinheima pode apresentar ondas de cheia em quase todo o ano. Dessa forma, parte das cheias do rio Paraná coincide com as do rio Ivinheima, mas é mais frequente os rios apresentarem eventos de inundação em períodos diferentes do ano.

A planície fluvial do rio Paraná ocupa uma faixa com largura variável (entre 3 e 8 km), disposta ao longo da margem direita do canal (Figura 1, abaixo) e pode ser inundada pelos rios Paraná e Ivinheima. Ela possui micro relevo marcado por cordões mais elevados (diques marginais ativos e abandonados) e áreas mais baixas (canais ativos e abandonados, bacias de inundação).

O micro relevo é resultante da deposição promovida por canais anastomosados que cobriu grande parte das formas mais antigas produzidas por canais entrelaçados arenosos. Os diques marginais, os canais que cortam a planície, os depósitos de leques de rompimento de dique e as bacias de inundação são o registro do paleo-padrão mais recente, enquanto as paleo-barras são os remanescentes do padrão entrelaçado arenoso mais antigo (SOUZA FILHO, 1993; 1994), vigente até 8.000 anos atrás (STEVAUX *et al.* 2004).

Tais formas estão sendo parcialmente modificadas pelo canal do rio Paraná, atualmente dominado por barras transversais e por dunas subaquosas. O canal atual passou a exibir estas características a partir da melhoria climática instalada há 2.500 anos (STEVAUX *et al.* 2004) e encontra-se em ajuste

fluvial, promovendo a remoção de parte das feições antigas e substituindo-as por barras arenosas, (SOUZA FILHO *et al.* 2001).

O padrão atual apenas tem ação ativa sobre as partes baixas da planície e é responsável pela formação de depósitos em formas de leques que desenvolvem-se a partir das áreas em que os diques marginais foram erodidos. Eles diferem-se dos depósitos de rompimento de dique mais antigos porque são perpendiculares ao sentido de fluxo do canal.

O processo de ajuste foi alterado no final de 1998 quando a barragem de Porto Primavera foi terminada e a formação do reservatório iniciou uma série de modificações no segmento fluvial situado à jusante. Entre as alterações incluem-se o controle das descargas (SOUZA FILHO, 2009) e o corte de suprimentos detríticos (SOUZA FILHO *et al.*, 2004).

A formação do reservatório de Porto Primavera deu início a um novo processo de ajuste que vem promovendo a retirada dos sedimentos do leito e aumentou a eficiência do escoamento no segmento jusante, fazendo com que a área de abrangência das cheias diminuisse (Figura 2).

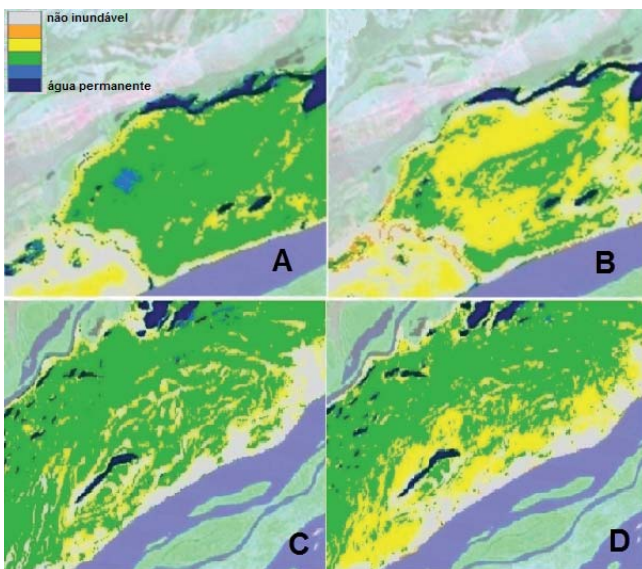


Figura 2 – Recortes da planície com a frequência de inundação antes da barragem de Porto Primavera (A e C) e depois da barragem (B e D). Modificado de FRAGAL & SOUZA FILHO, 2012).

A redução da abrangência das cheias também modificou a distribuição das áreas úmidas e desta maneira, a área de ocorrência da vegetação higrófila, da herbácea e da arbustiva também foi alterada. Esta alteração pode ser maior ainda, pois a permanência das descargas superiores ao nível de 3,5 m diminuiu de 127 dias/ano entre 1982 e 1998 para 60 dias por ano entre 1999 e 2007 e a permanência das descargas com nível superior a 4,6 m diminuiu de 59 para 19 dias por ano nos mesmos períodos (SOUZA FILHO, 2009).

O conhecimento a respeito da dinâmica da vegetação da planície em período anterior à barragem estava restrito à constatação de que o período de cheia promovia a morte da vegetação herbácea e de grande parte da vegetação arbustiva nos locais cobertos por água e nas áreas úmidas. Passado o período de cheia, a vegetação atingida iniciava o processo de sucessão e recolonizava a área afetada pela cheia. (HAYAKAWA *et al.*, 2009). Tal dinâmica continuou no período pós-barragem (FRAGAL *et al.*, 2012), embora a área atingida pelas cheias tenha sido reduzida (FRAGAL & SOUZA FILHO, 2012).

No ano de 2007, as imagens TM demonstraram que a área de distribuição da vegetação arbórea não sofreu influência dos níveis de água, mas os demais tipos estavam sob seu controle (FRAGAL *et al.*, 2012). Os autores verificaram que a área inundada na planície e as áreas ocupadas pela vegetação higrófila e pela vegetação herbácea-arbustiva poderiam ser calculadas por meio das seguintes equações:

Área inundada:

$$1) Ai = -71,297 + 36,7658 \times Npsj \text{ (erro de 3,9\%)}$$

$$2) Ai = -69,7652 + 23,8296 \times (Npsj + Nivi) \text{ (erro de 4\%)}$$

Área de vegetação higrófila:

$$3) Ahi = 174,8752 - 31,256 \times Nivi \text{ (erro de 14,5\%)}$$

Área de vegetação herbácea/arbustiva:

$$4) Ahe = 159,2524 - 19,7147 \times Npsj \text{ (erro de 17,8\%)}$$

Ai = área inundada (km²);

Ahi = área de vegetação higrófila (km²);

Ahe = área de vegetação herbácea e arbustiva (km²);

Npsj = nível fluviométrico na estação de Porto São José (m);

Nivi = nível fluviométrico na estação de Ivinheima (m).

Materiais e Métodos

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir da utilização de imagens LANDSAT/TM da órbita 223 ponto 076, obtidas junto ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) no site da Divisão de Geração de Imagens (<http://www.dgi.inpe.br>). Foram utilizadas 10 imagens do período entre 2001 e 2009 e 5 imagens do período entre 1985 e 1994. As 10 primeiras retratam a situação da calha fluvial no período posterior à conclusão da barragem de Porto Primavera e as demais foram utilizadas como teste para verificar a magnitude das alterações promovidas pela barragem.

A escolha das imagens foi realizada por meio dos seguintes critérios: nível fluviométrico nas estações de Porto São José (rio Paraná) e Ivinheima (rio Ivinheima); e qualidade da imagem, no que diz respeito às condições radiométricas e

cobertura de nuvens. Os níveis fluviométricos foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA), no site HIDROWEB (<http://hidroweb.ana.gov.br/>).

As imagens foram georreferenciadas com erro de RMS (*Root Mean Square*) inferior a 0,5 pixels, por meio do método de polinômios de primeiro grau e interpolação por vizinho mais próximo, utilizando-se o software “ENVI 4.5”. O registro das imagens utilizou a projeção *Universal Transverse Mercator* (UTM) e o *Datum WGS 84*.

A área de estudo (397,14 km²) foi recortada em todas elas e tratada por meio do método de MLME, descrito por (SHIMABUKURO e SMITH, 1991), após a coleta das assinaturas espectrais (*endmember*) da vegetação, solo exposto e água em formato de níveis digitais (NDs) de seis bandas TM (visível ao infravermelho médio). Os produtos gerados são as imagens-fração (IF) de vegetação, solo exposto e água.

As IF de vegetação, solo exposto e água foram utilizadas para a coleta de amostras representativas de cada classe e foi aplicado o classificador de árvore de decisão (AD) para rotulação das classes. Os atributos que melhor definiram cada classe foram obtidos por meio da técnica de mineração de dados, por meio do software Weka (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*), (HALL *et al.*, 2009).

O método de classificação já havia sido avaliado por FRAGAL & SOUZA FILHO (2011) por meio da comparação entre o resultado da classificação de uma imagem e o mapa resultante da interpretação de fotografia aérea colorida, tendo sido considerado muito bom pelo Índice de Kappa (0,68) e satisfatório pela técnica de Exatidão Global e pela Matriz de Confusão. A resolução espacial das imagens (30 m) impõe uma margem de erro de erro de no mínimo 900 m², considerando-se que todos os pixels foram classificados adequadamente.

As classes utilizadas foram definidas como: *vegetação arbórea*, *vegetação herbácea*, *vegetação higrófila* e *água*. A classe vegetação arbórea é constituída pela vegetação primária e secundária arbórea, a classe herbácea é formada por vegetação arbustiva, gramíneas e pequenas ocorrências de solo exposto. Por fim, a vegetação higrófila é representada pela vegetação de área úmida.

A área de cada classe foi calculada e os resultados foram analisados por meio de análise de correlação e de regressão, considerando-se como variável independente os níveis fluviométricos do rio Paraná, do rio Ivinheima e a soma de ambos, por meio do “software” STATISTICA. Uma quinta categoria foi considerada nas análises: a soma das áreas de vegetação herbácea e de solo exposto, uma vez que parte desta última categoria pode ser resultado do período de cheia. Por fim, os resultados obtidos para o período anterior à barragem foram comparados aos do período posterior e àqueles obtidos por FRAGAL *et al.* (2012).

Resultados e Discussão

O período posterior à barragem

A classificação das imagens do período entre 2001 e 2009 obteve os dados expostos na Tabela 1. Uma avaliação preliminar permite verificar que a área de água permanece com pequena alteração até o nível de 4,01 m na estação Porto São José e 1,73 m na estação Ivinheima e em seguida aumenta conforme a elevação da água. Por outro lado, a área da vegetação arbórea apresenta pequena variação de valores enquanto a área de solo exposto exibe números muito díspares. A variação de área da vegetação higrófila e da vegetação herbácea apresenta comportamento mais complexo.

Tabela 1 – Níveis fluviométricos do rio Paraná (PSJ), do rio Ivinheima (IVI) e área de cada classe em cada data, no período posterior à barragem de Porto Primavera.

Data	Nível Fluviométrico (m)		Área das classes (km ²)				
	PSJ	IVI	Água	Higrófila	Herbácea	Arbórea	Solo exposto
10/07/2001	1,50	1,58	24,08	191,01	119,11	28,30	34,64
22/08/2005	2,10	0,92	24,37	169,50	151,68	30,74	20,88
06/10/2004	2,44	1,23	24,33	152,30	173,10	29,31	18,10
22/06/2006	3,00	1,29	24,39	145,30	176,80	30,00	20,65
11/04/2009	3,42	1,24	24,70	182,79	90,93	30,96	67,76
22/02/2009	4,01	1,73	32,35	188,20	107,23	30,27	39,09
24/04/2008	4,71	2,15	84,64	191,85	32,49	28,82	59,34
11/02/2005	5,56	2,73	152,10	141,21	54,30	28,63	20,90
05/03/2007	5,98	3,45	193,63	126,29	24,63	30,49	22,10
01/02/2007	6,40	3,07	210,13	100,39	25,96	29,81	30,85

A análise de correlação entre os valores de área e os valores de nível fluviométrico demonstrou que há correlação positiva entre os níveis fluviométricos e a área de água na planície e correlação negativa entre a soma das áreas de vegetação herbácea e de solo exposto (Tabela 2).

Tabela 2 – Matriz de correlação entre os dados de nível fluviométrico e a área das classes utilizadas (período posterior à barragem).

Nível	Água	Higrófila	Herbácea	Arbórea	Solo exposto	Herb.+Sol. Exp.
PSJ	0,91	-0,63	-0,85	0,05	0,03	-0,90
IVI	0,96	-0,63	-0,86	-0,16	-0,13	-0,96
PSJ+IVI	0,95	-0,64	-0,88	-0,02	-0,03	-0,94

Os valores relativos à correlação entre nível e vegetação herbácea são elevados, mas não atingiram nível de significância. Por sua vez, os valores referentes à correlação entre os níveis e vegetação higrófila demonstram que há influência das condições de descarga, mas há outros fatores que também controlam os valores de área. Por fim, a área ocupada tanto pela vegetação arbórea como pelo solo exposto são independentes do nível de água.

Tais resultados reduzem as análises às relações entre os níveis fluviométricos e as áreas de inundação e da soma da

vegetação arbórea e solo exposto. A análise de regressão entre os valores de nível fluviométrico e a área de água produziu os gráficos e equações expostos na Figura 3. As equações obtidas são diferentes das equações 1 e 2 de FRAGAL *et al.* (2012).

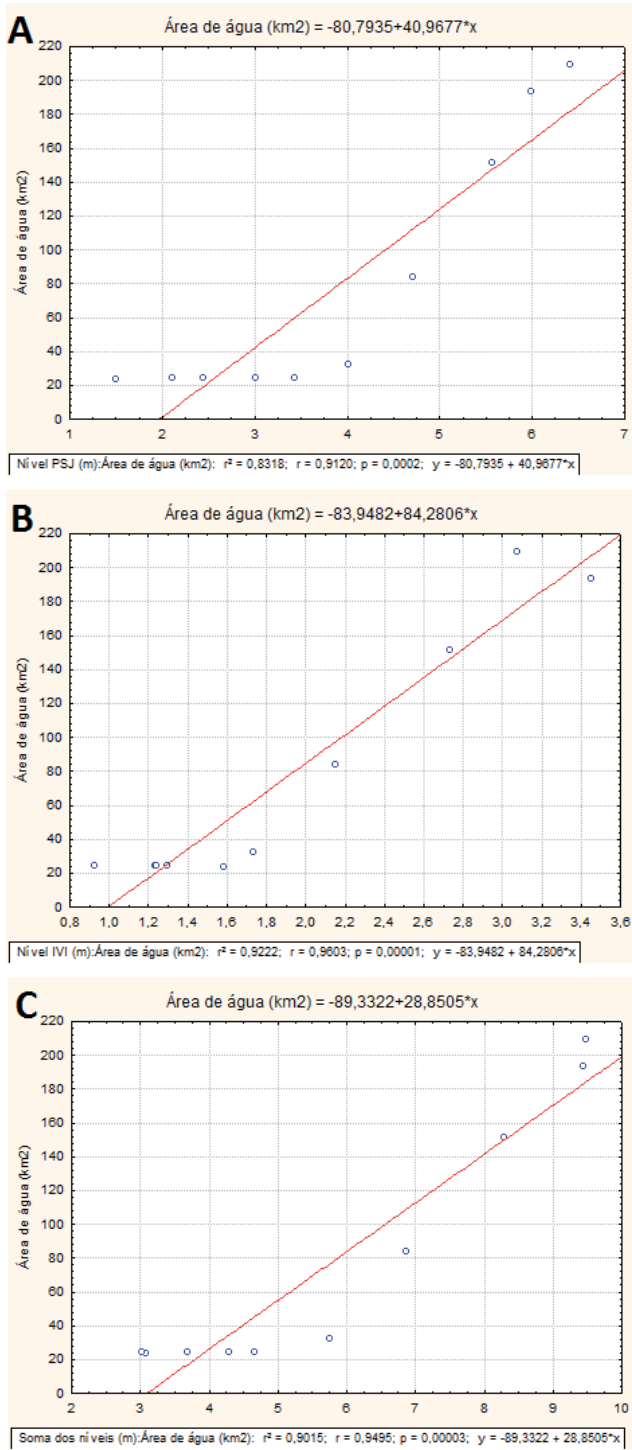


Figura 3 – Resultado da análise de regressão entre nível fluviométrico e área de água na planície. Em A, nível na estação PSJ, em B nível na estação IVI e em C, a soma dos níveis.

A distribuição dos pontos da Figura 3 deixa clara a existência de um patamar quase horizontal que abrange os cinco valores mais baixos nas três situações. Esta disposição representa a área de água dos corpos de água em condições de descarga inferior à de inundação, enquanto que os cinco valores mais elevados representam a área inundada. Tal resultado levou à hipótese de que as relações de todas as demais classes podem ser diferentes em níveis inferiores e em níveis superiores aos de inundação.

Por essa razão, os dados foram separados em dois conjuntos, o dos cinco níveis mais baixos e o dos cinco níveis mais altos. Cada conjunto de dados foi submetido à análise de correlação, cujas matrizes encontram-se nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Matriz de correlação entre os dados de nível fluviométrico inferiores aos de inundação e a área das classes utilizadas.

Nível	Água	Higrófila	Herbácea	Arbórea	Solo exposto	Herb.+Sol. Exp.
PSJ	0,91	-0,35	-0,11	0,71	0,48	0,30
IVI	-0,47	0,35	-0,27	-0,78	0,21	-0,30
PSJ+IVI	0,79	-0,25	-0,21	0,48	0,56	0,21

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que apenas a área de água na planície é controlada pelo nível fluviométrico do rio Paraná quando os níveis fluviométricos são inferiores aos de inundação, porque, apenas neste caso o índice de correlação é significativo (0,91). Em condições de cheia, torna-se claro o controle dos níveis fluviométricos sobre a área de água, sobre a área de vegetação higrófila e sobre a soma das áreas de vegetação arbustiva e solo exposto (Tabela 4).

Tabela 4 – Matriz de correlação entre os dados de nível fluviométrico superiores aos de inundação e a área das classes utilizadas.

Nível	Água	Higrófila	Herbácea	Arbórea	Solo exposto	Herb.+Sol. Exp.
PSJ	1,00	-0,96	-0,79	0,06	-0,60	-0,94
IVI	0,96	-0,88	-0,77	0,21	-0,67	-0,95
PSJ+IVI	1,00	-0,94	-0,79	0,12	-0,64	-0,96

No caso da área de água, a análise de regressão permitiu a obtenção das equações das retas que representam as relações entre os níveis e a área dos corpos de água na planície (Tabela 5). As equações 5, 7 e 9 representam a situação em condições de níveis inferiores aos de inundação, mas os valores do coeficiente de determinação demonstram que apenas a equação 5 pode ser utilizada com relativa segurança (coeficiente de determinação de 0,834). As equações 6, 8 e 10 representam as relações entre os níveis fluviométricos e a área inundada e os valores de r² demonstram que elas podem ser utilizadas com segurança, uma vez que o coeficiente de determinação de todas é superior a 0,92.

Tabela 5 – Equações obtidas a partir da análise de regressão linear entre os valores mais baixos e mais altos de nível fluviométrico e área inundada, de acordo com os dados das estações de Porto São José (PSJ) e Ivinheima (IVI), e o valor da intersecção das retas.

	Níveis (m)		equações	r ²	erro	Intersecção (m)
PSJ	≤ 3,42	5	$Ai=23,7055+0,2683 \times Npsj$	0,8342	0,353	3,91
	≥ 4,01	6	$Ai=-276,8932+77,1686 \times Npsj$	0,9941	0,086	
IVI	≤ 1,24	7	$Ai=24,9288-0,4432 \times Nivi$	0,2215	0,239	1,57
	≥ 1,73	8	$Ai=-138,6652+104,0499 \times Nivi$	0,9243	0,221	
PSJ+IVI	≤ 4,66	9	$Ai=23,4703+0,2414 \times (Npsj+Nivi)$	0,6299	0,510	5,56
	≥ 5,74	10	$Ai=-229,1819+45,709 \times (Npsj+Nivi)$	0,9974	0,136	

Ai= área inundada (km²); Npsj= nível fluviométrico na estação de Porto São José (m); Nivi= nível fluviométrico na estação de Ivinheima.

A intersecção das retas obtidas pelas equações 5 e 6 permite a obtenção do valor do nível fluviométrico em que ocorre o início da entrada de água na planície quando o rio Paraná está em cheia (Tabela 5). Neste valor (3,91 m), a planície apresenta a área máxima de água antes da inundação, que é de 24,84 km², de acordo com as equações 5 e 6.

Os valores das intersecções entre as retas das equações 7 e 8 e das retas das equações 9 e 10 também se encontram na Tabela 5. Contudo, tanto o valor de r² da equação 7 (0,2215) como o da equação 9 (0,6299) demonstram que sua confiabilidade é baixa, o que inviabiliza o uso das referidas intersecções para calcular o nível de início da inundação do rio Ivinheima. Entretanto, a área máxima de água pode ser utilizada para calcular os valores limiares para o este rio, com a utilização da equação 8. O uso da área de 24,84 km² confirmou que as inundações do rio Ivinheima têm início quando o nível fluviométrico chega a 1,57 m.

Os dados de nível de ambos os rios permite estimar a área mínima de água em 24,02 km² (nível de 1,17 m em PSJ, pela equação 5) e a máxima de 359,73 km² (nível de 4,79 em IVI, pela equação 8). As equações 6, 8 e 10 também podem ser utilizadas para calcular os níveis necessários para a completa submersão da planície na área estudada. Uma vez que a área de planície é de 397,14 km², os níveis necessários são 8,73 m para o rio Paraná, 5,15 m para o rio Ivinheima e 13,70 m para a soma dos níveis dos dois rios, valores atingidos na cheia de 1983. Tais dados também diferem dos obtidos por FRAGAL *et al.* (2012), pois os níveis estimados pelos autores para a inundação total foram de 9,85 m na estação de Porto São José e 15,13 m para a soma dos níveis dos dois rios.

A área de vegetação higrófila obteve correlação significativa apenas em situação de inundação e os dados da Tabela 4 mostram que o controle pode ser feito tanto pelo rio Paraná como pela soma dos níveis das duas estações. Os coeficientes de determinação obtidos pela análise de regressão confirmam tal afirmação (Tabela 6).

Tabela 6 – Coeficientes de determinação obtidos por meio da análise de regressão entre os valores de área de vegetação higrófila e os níveis fluviométricos da estação de Porto São José, Ivinheima e soma dos níveis de ambas as estações.

	Coeficientes de determinação		
	Dados totais	Níveis inferiores	Níveis superiores
PSJ	0,3940	0,1218	0,9124
IVI	0,3989	0,1215	0,7721
PSJ+IVI	0,4138	0,0619	0,8792

Tais resultados indicam que a área de vegetação higrófila apresenta alta variabilidade quando o sistema está com níveis fluviométricos inferiores aos de inundação e que a área ocupada por ela independe deles. Contudo, após o início de entrada de água na planície, a área de vegetação higrófila passa a ser controlada pelo nível do rio Paraná e pela soma dos níveis das duas estações. As equações 11 e 12 representam estas relações:

11) $Ahi=358,5985-39,1993 \times Npsj$ (erro de 0,640 km²)

12) $Ahi=330,8933-22,7828 \times (Npsj+Nivi)$ (erro de 0,656 km²)

Ahi=área de vegetação higrófila (km²);

Npsj= nível fluviométrico na estação de Porto São José (m);

Nivi=nível fluviométrico na estação de Ivinheima (m).

O uso dos valores de 3,91 e 5,56 m permite calcular a área de vegetação higrófila na planície no início da inundação, que seria de 205,33 km² e de 204,22 km², a partir das equações 11 e 12, respectivamente. Por outro lado, o nível necessário para não mais existir vegetação higrófila é de 9,15 m na estação de Porto São José (equação 11) ou de 14,52 m, quando considerada a soma dos níveis. Ou seja, ela apenas desaparece em condições de inundação total. A menor área pode ter sido de 93,61 km², registrada em 30/01/2005 ao nível de 6,76 m.

A soma das áreas de vegetação arbustiva e de solo exposto é fortemente controlada pelos níveis fluviométricos, conforme resultados apresentados na Tabela 2, mas tal controle não ocorre em níveis inferiores aos de inundação (Tabela 3). A análise de regressão envolvendo as variáveis obteve os coeficientes de determinação que estão na Tabela 7.

Tabela 7 – Coeficientes de determinação obtidos por meio da análise de regressão entre os valores de área de solo exposto somados aos de vegetação herbácea e os níveis fluviométricos da estação de Porto São José, Ivinheima e soma dos níveis de ambas as estações.

	Coeficientes de determinação		
	Dados totais	Níveis inferiores	Níveis superiores
PSJ	0,8023	0,0906	0,8808
IVI	0,9136	0,0913	0,9050
PSJ+IVI	0,8777	0,0548	0,9187

Portanto, a área de vegetação herbácea somada à área de solo exposto pode ser calculada pelas equações 13, 14, 15 16 e 17:

Para níveis superiores aos de inundação:

13) $Ahe+Ase=286,0858-38,0172 \times Npsj$ (erro de 0,386 km²);

14) $Ahe+Ase=224,884-53,8865 \times Nivi$ (erro de 0,246 km²);

15) $Ahe+Ase=266,3279-22,9894 \times (Npsj+Nivi)$ (erro de 0,538 km²).

Para todos os níveis:

16) $Ahe+Ase=248,5537-61,6296 \times Nivi$ (erro de 0,272 km²).

17) $Ahe+Ase=251,4252-20,9146 \times (Npsj+Nivi)$ (erro de 0,935 km²).

Ahe=área de vegetação herbácea e arbustiva (km²);

Ase=área de solo exposto (km²);

Npsj= nível fluviométrico na estação de Porto São José (m);

Nivi= nível fluviométrico na estação de Ivinheima (m).

Os valores obtidos pelas equações podem representar a área de vegetação herbácea caso as áreas de solo exposto estiverem com a vegetação recuperada. Neste caso, no período posterior à barragem, a maior área deste tipo de vegetação (200 km²) teria sido atingida em 04/12/1999, quando o nível do rio Ivinheima era de 0,79 m e o nível do rio Paraná era de 2,71 m (equação 16), enquanto o menor valor teria sido atingido quando o rio Paraná atingiu 6,76 m e a área era de 29,09 km². Por outro lado, no limiar de inundação, a área da vegetação herbácea teria valores entre 137 e 152 km² (equações 13 e 16, respectivamente) e estaria completamente coberta por água quando os níveis atingissem 7,53 m em Porto São José e 4,03 m na estação Ivinheima.

A vegetação herbácea tem sua área de ocorrência influenciada pelos níveis fluviométricos, mas as correlações não são significativas (Tabelas 2 a 4). O principal fator responsável pela variabilidade da área desta classe deve ser

o solo exposto oriundo da morte deste tipo de vegetação nas áreas atingidas pelas cheias e por esta razão a soma da área das duas classes obteve boa correlação com os níveis fluviométricos.

A vegetação arbórea não apresentou correlação significativa com os níveis de água porque a copa das árvores permanece emersa mesmo em cheias de grande amplitude. As áreas de solo exposto também se encontram nessa situação, mas a explicação é diferente, uma vez que além das imagens registrarem diferentes situações de regeneração da vegetação herbácea, ainda há a influência das áreas de ocupação antrópica, que devem ser as responsáveis pela alta variabilidade dos valores obtidos nos níveis inferiores aos de inundação.

O período anterior à barragem

Os dados obtidos a partir da classificação das cinco imagens anteriores a 1998 encontram-se na Tabela 8. Os valores demonstram que a área de água em níveis mais baixos era da ordem de 22 km², mas os demais valores são de difícil comparação com os dados obtidos para o período posterior à barragem, pois os níveis fluviométricos são diferentes.

Tabela 8 – Níveis fluviométricos do rio Paraná (PSJ), do rio Ivinheima (IVI) e área de cada classe em cada data, no período anterior à barragem de Porto Primavera.

Data	Nível Fluviométrico (m)		Área das classes (km ²)				
	PSJ	IVI	Água	Higrófila	Herbácea	Arbórea	Solo exposto
04/05/1994	3,17	1,20	22,56	182,67	147,14	28,14	16,63
14/03/1987	3,63	1,97	22,80	180,39	86,87	28,56	78,52
15/04/1993	4,28	2,59	27,22	259,66	66,36	27,26	16,64
24/03/1985	5,59	4,13	166,11	98,33	38,37	29,04	65,29
20/02/1985	6,07	2,01	214,09	93,22	59,37	28,46	2,00

Contudo, as relações entre os níveis e as áreas podem ser comparadas, ou seja: se as relações obtidas para o período posterior à barragem forem válidas para o período anterior à barragem, as correlações entre nível e área serão iguais ou semelhantes entre os dois períodos, assim como as equações obtidas pela análise de regressão.

A matriz de correlação entre os níveis fluviométricos e as áreas das diversas classes (Tabela 9) demonstra que apenas em duas situações há correlação significativa (com valores superiores a 0,9): entre o nível da estação de Porto São José e a área de água (correlação positiva) e entre a soma dos níveis e a área de vegetação herbácea (correlação negativa).

Tabela 9 – Matriz de correlação entre os dados de nível fluviométrico e a área das classes utilizadas, período anterior à barragem.

Nível	Água	Higrófila	Herbácea	Arbórea	Solo exposto	Herb.+Sol. Exp.
PSJ	0,95	-0,70	-0,82	0,39	-0,17	-0,84
IVI	0,45	-0,32	-0,82	0,38	0,44	-0,41
PSJ+IVI	0,80	-0,59	-0,92	0,43	0,13	-0,72

Os resultados apresentados na Tabela 9 são muito diferentes dos obtidos no período posterior à barragem de Porto Primavera (Tabela 2). Tais dados demonstram que no período anterior à barragem, apenas o nível fluviométrico do rio Paraná controlava a área inundada e apenas a soma dos níveis das duas estações controlava a área de vegetação herbácea. Além disso, é possível que a ocupação do solo fosse muito mais importante para a produção de áreas de solo exposto do que o efeito da inundação, pois as correlações entre a soma da área de vegetação herbácea e de solo exposto com os níveis de água não obteve valores significativos.

Os valores da correlação entre os valores de área e os níveis fluviométricos em todas as quinze datas utilizadas (Tabela 10) também demonstra que as relações obtidas para o período pós-barragem não são válidas para o período anterior, pois não foi possível estabelecer nenhuma correlação com significância, apesar do aumento do número de amostras.

Tabela 10 – Matriz de correlação entre os dados de nível fluviométrico e a área das classes utilizadas, (todos os dados).

Nível	Água	Higrófila	Herbácea	Arbórea	Solo exposto	Herb.+Sol. Exp.
PSJ	0,89	-0,55	-0,85	-0,05	-0,03	-0,88
IVI	0,75	-0,42	-0,83	-0,16	0,17	-0,77
PSJ+IVI	0,88	-0,53	-0,88	-0,09	0,05	-0,88

Dessa maneira, no que diz respeito ao período anterior à barragem, apenas as relações entre o nível fluviométrico e as áreas de água e de vegetação herbácea podem ser discutidas. A análise de regressão entre o nível fluviométrico do rio Paraná e a área de água no período pré-barragem obteve coeficiente de determinação de 0,9093 e a equação obtida (equação 18) é bastante diferente daquela apresentada na Figura 3A.

18) $A_i = -231,112 + 70,7273 \times N_{psj}$ (erro de 0,434 km²).

Pela equação 18, a planície estaria submersa quando o rio Paraná atingisse 8,88 m na estação de Porto São José, enquanto que a partir da equação da Figura 3A, o nível fluviométrico necessário seria de 11,67 m. Tais resultados confirmam que a abrangência das inundações diminuiu após a barragem, como afirmado por FRAGAL & SOUZA FILHO (2012).

A distribuição dos valores dos dados pré-barragem (Figura 4) também mostra a existência de um patamar formado pelos valores mais baixos. A identificação do ponto de intersecção não pode ser feita com precisão porque os números amostrais são muito baixos (2 valores mais baixos e 3 valores mais altos). Contudo, a intersecção permite estimar o nível de entrada de água, que seria próximo a 4,24 m. Embora o valor tenha baixa confiabilidade, é bastante superior aos 3,91 obtidos para o período posterior à barragem.

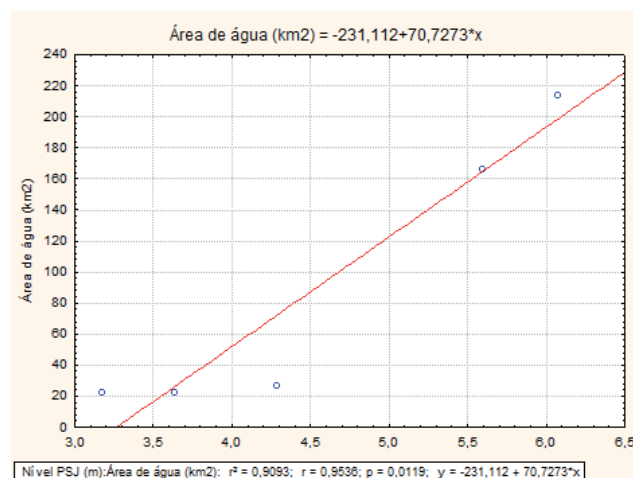


Figura 4 – Gráfico da análise de regressão entre os valores de nível fluviométrico da estação de Porto São José e a área de água na planície fluvial.

A equação obtida a partir dos três valores mais altos é:

19) $A_i = -420,7116 + 104,74 \times N_{psj}$ (erro de 0,016 km²).

O coeficiente de determinação obtido foi de 0,9999, mas, como mencionado, o número amostral é muito baixo. Ainda assim, a título de comparação, o nível fluviométrico necessário para a total submersão da planície é de 7,81 m enquanto o valor obtido a partir da equação 6 foi de 8,73 m, o que reafirma a menor abrangência das cheias no período posterior à barragem. Por outro lado, a área ocupada pela água ao início da inundação seria de 23,39 km², valor menor do que o obtido para o período posterior a 1998, indicando que após a barragem a planície passou a ter maior área de água.

A análise de regressão entre a soma dos níveis fluviométricos e a área de vegetação herbácea obteve coeficiente de determinação de 0,8518 e resultou na equação 20:

20) $A_{he} = 206,8237 - 18,3605 \times (N_{psj} + N_{ivi})$ (erro de 0,978 km²).

Aplicando-se a equação 20, verifica-se que em uma situação em que os valores mínimos das séries históricas da estação de Porto São José (0,27 m) e da estação de Ivinheima (0,62 m) ocorressem simultaneamente, a área de vegetação herbácea seria de 190,48 km², valor muito diferente do que seria obtido por meio do uso da equação 17 (232,81 km²). Por outro lado, toda a vegetação herbácea estaria inundada sempre que a soma dos níveis das duas estações atingisse ou superasse 11,27 m, valor inferior aos 11,59 m obtidos a partir da equação 17.

As comparações efetuadas demonstraram que as relações entre os níveis e as áreas das diversas classes modificaram-se após a conclusão da barragem e diversas situações demonstram que a influência do canal sobre a planície diminuiu, mas outras mostraram o contrário.

Como teste final, as equações obtidas para o período posterior à barragem foram utilizadas para verificar os níveis que seriam necessários para a obtenção das áreas obtidas no período anterior a ela. Foram utilizados os dados da estação de Porto São José e as áreas de água, vegetação higrófila e a soma das áreas de vegetação herbácea e solo exposto expostos na Tabela 8. Os resultados encontram-se na Tabela 11,

Tabela 11 – Resultado da aplicação das equações obtidas para o período posterior à barragem aos valores de área de água, de vegetação higrófila e de vegetação herbácea+ solo exposto obtidos no período anterior à barragem.

Data	Nível em PSJ (m)	Nível calculado (m)					
		Água		Vegetação higrófila		Veg. herb. + sol. Exp.	
		Equação	valor	Equação	valor	Equação	valor
04/05/1994	3,17	5	-4,27				
14/03/1987	3,63	5	-3,37				
15/04/1993	4,28	6	3,94	11	2,52	13	5,34
24/03/1985	5,59	6	5,74	11	6,64	13	4,80
20/02/1985	6,07	6	6,36	11	6,77	13	5,91

Os valores obtidos para a área de água em níveis inferiores aos de inundação demonstram claramente que os corpos de água da planície aumentaram seu tamanho e que os valores de área observados antes da barragem não podem mais ser atingidos. No que diz respeito aos níveis superiores aos de inundação, os resultados podem ser visualizados com maior clareza no gráfico da Figura 5.

A simulação dos níveis fluviométricos necessários para que as áreas de água, de vegetação higrófila e de vegetação herbácea mais solo exposto atinjam os valores que exibiam antes da barragem apresentados na Figura 5 demonstram que cada uma das três classes passou a ter uma relação diferente com o nível de água do rio Paraná após a conclusão da barragem de Porto Primavera. As áreas de água e de vegetação higrófila passaram a ser atingidas a partir de níveis fluviométricos mais baixos e as áreas de vegetação herbácea (mais as de solo exposto) passaram a necessitar de

níveis mais elevados para serem atingidas. Isso demonstra que após a barragem, a ação do canal tornou-se mais intensa nas áreas mais baixas.

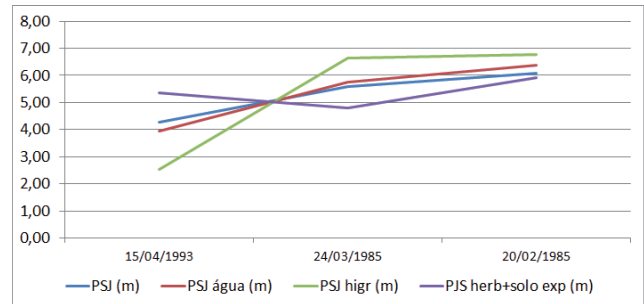


Figura 5 – Gráfico com os valores de nível fluviométrico na estação de Porto São José em 15/04/1993, 24/03/1985 e 20/02/1995 e a simulação dos os níveis necessários para a obtenção das mesmas áreas de água (PSJ água), de vegetação higrófila (PSJ higr.) e de vegetação herbácea + solo exposto (PSJ herb+solo exp) no período posterior à barragem, a partir da aplicação das equações 5, 6, 11 e 13.

A maior área de água indica que o lençol freático da planície está mais elevado. Tal situação pode ser resultado de diversos fatores, tais como o aumento do valor das descargas mínimas, a posição mais elevada do nível de água no reservatório ou ainda as variações de descargas promovidas pela operação da barragem.

Em níveis próximos a 5 m na estação de Porto São José, as áreas das três classes são semelhantes àquelas encontradas anteriormente à barragem. Contudo, em níveis superiores àquele valor, as áreas de água e de vegetação higrófila necessitam de níveis mais elevados do que os anteriores para serem atingidas, indicando que a influência do canal sobre a planície tornou-se menor nas áreas mais altas da planície.

Portanto, a área de água e de vegetação herbácea tornou-se maior nos níveis de inundação mais baixos e a área de vegetação higrófila passou a ser menor (Figura 6). Quando o nível do rio Paraná supera 5 m, as áreas de água e de vegetação herbácea passam a ser menores do que eram e as áreas de vegetação higrófila tornam-se maiores.

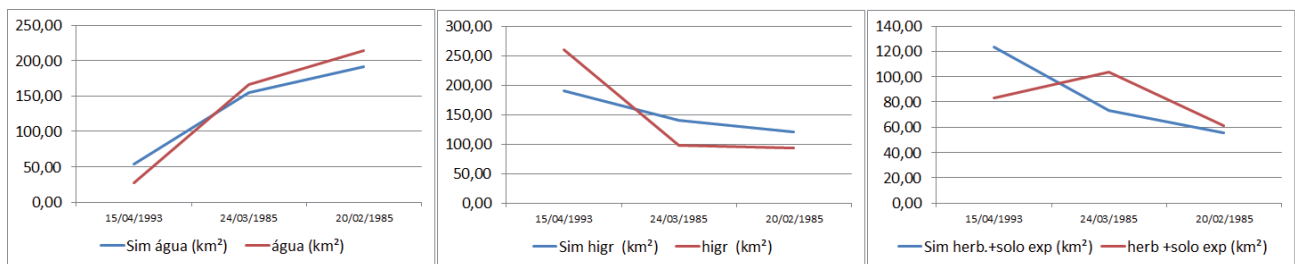


Figura 6 – Gráficos com as áreas de água (água), vegetação higrófila (higr.) e com a soma da área de vegetação herbácea e de solo exposto (herb.+solo exp) obtidas por imagem e os valores de área simulados (Sim água, Sim higr, Sim herb+solo exp) a partir dos dados de nível registrados em 15/04/1993, 24/03/1985 e 20/02/1985 na estação de Porto São José por meio da aplicação das equações 5, 6, 11 e 13.

Contudo, uma vez que o controle de descargas efetuado pela barragem reduziu pela metade a permanência do nível do rio Paraná em valores superiores a 3,5 m e em um terço a permanência em níveis superiores a 4,6 m (SOUZA FILHO, 2009), a planície passou a ter maior área de corpos de água e de vegetação herbácea e menor área de vegetação higrófila na maior parte do ano. Tais condições permanecem na maior parte do tempo dos eventos de cheia, uma vez que a magnitude das inundações foi diminuída.

Conclusões

Os dados obtidos demonstraram que a barragem de Porto Primavera modificou as relações existentes entre os níveis fluviométricos e a área ocupada pelos corpos de água, pela vegetação higrófila e pela vegetação herbácea e arbustiva na planície.

Antes da barragem, o rio Paraná controlava a área de inundação na planície e influenciava as áreas ocupadas pela vegetação higrófila e herbácea, o rio Ivinheima apenas tinha influência sobre a área de vegetação herbácea e a soma dos níveis fluviométricos de ambos os rios controlava a área de vegetação herbácea.

A área de água aumentava conforme a subida do nível do rio Paraná e a relação era expressa pela equação 18. Contudo, em níveis inferiores aos de inundação a variação de área era pequena e em níveis superiores, a variação passava a ser considerável, obedecendo à equação 19. A entrada de água na planície ocorria quando o nível da água na estação de Porto São José atingia valores próximos a 4,24 m, situação em que a área de água na planície era de pouco mais de 23 km². A completa submersão da planície ocorria a partir do nível de 7,81 m.

Por sua vez, a área de vegetação herbácea diminuiu conforme o aumento do valor da soma dos níveis dos rios Paraná e Ivinheima e podia ser calculada pela equação 20. A área máxima que este tipo de vegetação poderia atingir era de pouco mais de 190 km² e a soma de níveis necessária para a sua completa submersão seria de 11,27 m.

No período posterior à barragem, o controle sobre a área de água passou a ser feito por ambos os rios, que também controlam a soma das áreas de vegetação herbácea e solo exposto e influenciam a área de vegetação higrófila. Contudo, em níveis inferiores aos de inundação, apenas o rio Paraná controla a área de água. Por outro lado, em níveis superiores aos de inundação, o rio Paraná também passou a controlar a área de vegetação higrófila.

A variação da área de água na planície também é pequena em níveis inferiores aos de inundação e torna-se expressiva nos níveis superiores. A água começa a entrar na planície quando o rio Paraná atinge 3,91 m ou quando o rio Ivinheima atinge 1,57 m.

Em níveis inferiores aos de inundação, a área de água pode ser calculada por meio da equação 5 (Tabela 5). Nestas condições, a área de água variou de 24 km², na menor descarga verificada, a 24,8 km², no limiar da inundação. A expansão dos corpos de água pode ter sido provocada pela elevação do lençol freático.

Em condições de inundação, a área de água pode ser calculada pelas equações 6, 8 e 10 (Tabela 5). A maior área de água no período pode ter sido de 360 km² e a submersão total da planície pode ocorrer a partir de 8,73 m na estação de Porto São José, 5,15 m na estação Ivinheima ou ainda quando a soma dos níveis superar 13,70 m.

A área de vegetação higrófila pode ser calculada por meio dos valores de nível do rio Paraná (equação 11) ou pela soma dos níveis de ambos os rios (equação 12), quando a planície está inundada. A área ocupada pela vegetação higrófila no início de inundação é de pouco mais de 205 km² e a área mínima que pode ter ocorrido pode ter sido pouco inferior a 94 km².

A soma das áreas de vegetação herbácea e de solo exposto pode ser calculada em quaisquer condições de descarga a partir do nível do rio Ivinheima (equação 16) ou por meio da soma dos níveis de ambos os rios (equação 17). Em condições de inundação, a área pode ser calculada por meio dos níveis do rio Paraná (equação 13), do rio Ivinheima (equação 14) ou pela soma dos níveis (equação 15).

A área ocupada pela vegetação herbácea/solo exposto variou entre 29 e 200 km² após 1998 e no limiar de inundação pode ter área de 137 km², em cheia do rio Paraná, e de 152 km², em cheia do rio Ivinheima. Os níveis fluviométricos necessários para a sua completa submersão são 7,53 m na estação de Porto São José e 4,03 m na estação de Ivinheima.

Portanto, após a barragem, a influência do canal sobre a planície aumentou nas fases iniciais dos eventos de inundação e diminuiu nas fases mais avançadas, quando o nível da água ultrapassa 5 m na estação de Porto São José.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, I.R.A.; SOUZA FILHO, E.E. Mapeamento de feições morfológicas da planície de inundação do Alto rio Paraná, através do uso de produtos orbitais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, p. 39-44, 2011.
- COUTO, E.V.; HAYAKAWA, E.H.; SOUZA FILHO, E.E. Diagnóstico dos efeitos causados pelas cheias excepcionais de 1982/1983 sobre a planície inundacional do Alto rio Paraná (PR-MS). **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino GEOMAE**, v. 1, p. 83-99, 2010.
- FRAGAL, E.H. & SOUZA FILHO, E.E. Verificação da aplicabilidade dos índices de vegetação para o estudo da identificação vegetal na planície fluvial do rio Paraná. **In: Anais**

do XX Encontro Anual de Iniciação Científica EAIC, 2011, Ponta Grossa, p. 1-3, 2011.

FRAGAL, E.H. & SOUZA FILHO, E.E. Cartografia da cobertura vegetal da planície do rio Paraná por meio do uso do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME). **In:** Anais do 21º Encontro Anual de Iniciação Científica EAIC, 2012, Maringá, p. 1-4, 2012.

FRAGAL, E.H.; SOUZA FILHO, E.E.; ALVES, F.C. Relações entre os corpos d'água e planície fluvial do Alto rio Paraná, por meio de mapas de frequência de inundação. **In:** Anais do IX Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO). Rio de Janeiro, p. 1-5, 2012.

FRAGAL, E.H.; ALVES, F.C.; & SOUZA FILHO, E.E. A influência da inundação na dinâmica da vegetação da planície fluvial do Alto rio Paraná em 2007. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 18 p. 2012 (no prelo).

HALL, M.; FRANK, E.; HOLMES, G.; PFAHRINGER, B.; REUTEMANN, P.; WITTEN, I.H. The WEKA Data Mining Software: An Update. **SIGKDD Explorations**, Volume 11, Issue 1, 2009.

HAYAKAWA E.H.; PRADO, B.R.; TAVARES Jr, J.B.; SOUZA FILHO, E.E.; COUTO, E.V. Avaliação multitemporal da planície de inundação do Alto Rio Paraná (região de Porto Rico – PR) através de classificação supervisionada e não supervisionada de imagens Landsat-5/TM. **In:** Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2009, Natal, p. 5865-5872, 2009.

SAMIZAVA, T.M.; IMAI, N.N.; ROCHA, P.C.; WATANABE, F.Y.S. Detecção de Alterações na Distribuição da Cobertura Vegetal Entre 1975 e 2007 na Planície de Inundação do Alto Curso rio Paraná Centro Sul do Brasil. **In:** Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2009, Natal, p. 6157-6164, 2009.

SHIMABUKURO, Y.E.; SMITH, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, p. 16-20, 1991.

SOUZA FILHO, E.E. Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaira (PR). São Paulo, 1993, 180 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo (inédita).

SOUZA FILHO, E.E. Feições do sistema anastomosado pré atual do rio Paraná. **In:** Anais do XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Camburiú, v.2, p.407-409, 1994.

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**, 69 (2, Suppl.): 631-637, 2009.

SOUZA FILHO, E.E.; ROCHA, P.C.; CORRÊA, G. T.; & COMUNELLO, É. O ajuste fluvial e a erosão das margens do rio Paraná em Porto Rico (BRASIL). **In:** Actas do V REQUI/ICQPLI. Lisboa, v. 1, p. 37-40, 2001.

SOUZA FILHO, E.E.; ROCHA, P.C.; COMUNELLO, 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, S.S. (ed.) **The Upper Paraná River and its Floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation**. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. p. 55-74, 2004.

STEVAUX, J.C., SOUZA FILHO, E.E., MEDEANIC, S. e YAMSKIKH, G. (2004) The Quaternary history of the Upper course of the Parana River. **In:** THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A.A. e HAHN, N, S. (ed.) **The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation**. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. P. 31-53, 2004.