

AS BARRAGENS NA BACIA DO RIO PARAGUAI E A POSSÍVEL INFLUÊNCIA SOBRE A DESCARGA FLUVIAL E O TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

The Dams in Paraguay River basin and possible influence on the river discharge and sediment transport

Edvard Elias Souza Filho

Universidade Estadual de Maringá

Programa de Pós-Graduação em Geografia e Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais

Avenida Colombo 5790, Zona 07, CEP: 87020-900 – Maringá – PR
eesfilho@uem.br

RESUMO

O desenvolvimento de um país ou de uma região necessariamente é acompanhado do aumento do consumo de energia. A bacia do Alto Paraguai não é exceção a esta regra e a demanda energética vem crescendo nos últimos anos. A solução adotada para o suprimento da região foi a instalação de usinas hidrelétricas e termoeletricas. Ambas as formas de geração trazem consequências ambientais, mas as barragens são ícones em termos de impactos e por essa razão elas são alvo desta abordagem, que tem como objetivo fazer uma avaliação preliminar dos efeitos de tais empreendimentos sobre a descarga fluvial e o transporte de sedimentos na bacia. Para a obtenção deste objetivo foram utilizados os dados disponíveis das barragens em operação e em projeto, além de dados fluviométricos e de concentração de sedimentos disponíveis para a bacia. Em 2010 existiam 26 Usinas Hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas em operação e outras 96 já licenciadas. Quando concluídas, terão influência sobre 44% da descarga afluyente do planalto e controlarão 52% da carga sedimentar afluyente ao Pantanal. Tal retenção poderá contrabalançar o aumento do transporte proporcionado pela ocupação da bacia, mas conforme for sua intensidade, poderá promover a degradação da planície pantaneira. O rio Cuiabá será o curso mais afetado pelo controle de descargas enquanto os rios com leques aluviais serão os mais afetados pelo corte de sedimentos de fundo. Os dados preliminares indicam a necessidade do monitoramento do transporte de carga de fundo na bacia.

Palavras-chave: Impactos de barragens. Descarga fluvial. Transporte de sedimentos. Rio Paraguai.

ABSTRACT

The development of a country or a region is necessarily accompanied by an increase in energy consumption. The Upper Paraguay River Basin is no exception to this rule and the energy demand has been growing in recent years. The solution adopted to supply the region was the installation of hydroelectric and thermoelectric plants. Both forms of energy generation have environmental consequences, but the dams are icons in terms of impacts and for this reason they are targeted by this approach, which aims to make a preliminary assessment of the effects of these dams on the river discharge and sediment transport in basin. To achieve this objective we have used data available from dams in operation and design, besides fluvial discharge data and concentration of sediment available for the basin. In 2010 there were 26 hydroelectric plants in operation and 96 others already licensed. When completed, will influence 44% of affluent discharge plateau and will manage 52% of the sediments tributary to the Pantanal. Such a deduction could offset the increased transportation provided by the occupation of the basin, but as for its intensity, can promote the degradation of the Pantanal. The Cuiabá River will be most affected by the discharge control and rivers with alluvial fans will be most affected by the cut of bed sediments. Preliminary data indicate the need to monitor the transport of bed load in the basin.

Keywords: Dam impact. Fluvial discharge. Sediment transportation, Paraguai River.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da produção de energia no Brasil está relacionado a dois fatores: o aumento da população e o desenvolvimento econômico. Se por um lado o aumento da população gera um aumento vegetativo do consumo, por outro, o desenvolvimento gera um aumento do consumo *per capita*, pois a demanda aumenta tanto no setor produtivo como no residencial. As relações existentes entre o consumo de energia, população, Produto Interno Bruto (PIB) e os valores do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) comprovam esta afirmação, conforme demonstrado por SELLITTO *et al.* (2007).

A região abrangida pela bacia do Alto rio Paraguai não é exceção, pois não só vem apresentando um crescimento populacional, como se encontra em crescimento econômico. A população do Estado de Mato Grosso em 1996 era de 2.235.832 pessoas e em 2007 era de 2.854.456 habitantes, de acordo com o IBGE. Por outro lado, o IDH do Estado era de 0,767 em 2002, passou para 0,769 em 2004 e para 0,808 em 2007. A situação do Estado de Mato Grosso do Sul é semelhante e embora a população seja um pouco menor, o IDH é um pouco maior. Além disso, em 2000, o Estado de Mato Grosso tinha entre 40 e 65% dos domicílios rurais com energia elétrica enquanto o Estado de Mato Grosso do Sul tinha entre 65 e 83 % destes domicílios com energia.

Tais dados indicam uma forte tendência de aumento de consumo, aliás, já verificado entre 2003 e 2009, quando a Região Centro Oeste aumentou em 28% a demanda de energia elétrica. Se o consumo de abril de 2003 for comparado ao de abril de 2010, o aumento é ainda maior, atingindo 41%, de acordo com a ANEEL.

Dessa forma, considerando-se que a região do Alto rio Paraguai deve manter crescimento populacional, aspira ao desenvolvimento econômico e deve melhorar os índices de desenvolvimento humano, há necessidade de aumento da oferta de energia elétrica uma vez que sua falta ou seu custo

podem ser fatores limitantes para o desenvolvimento.

Atualmente, na bacia do Alto Paraguai, a geração de energia é feita por meio de aproveitamentos hidrelétricos e usinas termoeletricas. A geração hidráulica possui capacidade instalada de 1057,4 MW, enquanto as termoeletricas possuem quase 1014 MW, dos quais 1009,5 MW são gerados por uso de gás natural e o restante por meio de diesel.

A geração de energia sempre causa impactos ambientais. A utilização de combustíveis fósseis libera compostos de carbono e poluentes na atmosfera, as barragens modificam o sistema fluvial e as formas de geração menos impactantes possuem custo elevado, embora os valores do leilão de 25 de agosto de 2010 tenham obtido preços menores para a geração eólica (R\$ 130,86 por MWh) do que para a geração em Pequenas Centrais Hidrelétricas –PCHs- (R\$ 141,93) ou por termoeletricas de biomassa (R\$ 144,20).

Na Bacia do Alto Paraguai, as opções de geração são as duas já mencionadas. Há 10 termoeletricas em funcionamento e a geração hidráulica conta com 26 unidades em operação, além de mais 96 unidades já licitadas, sem contar as 8 Centrais Hidrelétricas com baixa potência. Uma vez que as barragens para geração de energia elétrica interferem no sistema fluvial e o Brasil já teve experiência com empreendimentos com consideráveis impactos ambientais, a preocupação com as alterações que os 122 empreendimentos hidrelétricos poderão promover é plenamente justificada. Por isso o objetivo deste trabalho é a discussão da influência dessas barragens sobre a descarga fluvial e o transporte de sedimentos.

O trabalho é uma avaliação preliminar dos dados existentes a respeito das barragens que existem e serão implantadas na bacia e dos dados hidrológicos e de transporte de sedimentos obtidos pelas estações fluviométricas em operação no rio Paraguai e afluentes.

2 A BACIA DO RIO PARAGUAI

A bacia do rio Paraguai Superior compreende a área de drenagem que abrange as nascentes e todo o segmento fluvial até a foz do rio Jaurú, totalizando 48.450 km² (DNOS, 1974). Nesta área o rio possui como principais afluentes o rio dos Bugres, o Sepotuba, o Cabaçal e o Jaurú, pela margem direita, além do rio Peri, pela margem esquerda.

A bacia do Alto Paraguai compreende a área de drenagem situada entre a foz do rio Jaurú e a foz do rio Apa, incluindo todo o Pantanal, abrangendo 447.550 km² (DNOS, 1974). Os principais afluentes pela margem brasileira são o rio Cuiabá, o Taquari, o Negro, o Miranda, o Nabileque e o Apa.

No território brasileiro, a área total de drenagem é de 363.442 km², dos quais 215.813 km² são áreas de planalto, com altitude superior a 200 metros. Nos planaltos os rios possuem gradiente médio de 0,6 m/km (ANA, 2004), mas alternam segmentos de baixa declividade com segmentos com inclinações acentuadas. A área restante (147.629 km²) compreende uma extensa planície situada entre 150 e 80 metros de altitude (ANA, 2004). Nela, os rios possuem gradiente médio de 0,1 a 0,3 m/km, com os menores valores dispostos de norte para sul e os maiores de leste para oeste.

A bacia está submetida a clima úmido com estação seca bem marcada. No início e no final do ano a precipitação é mais intensa enquanto no inverno e no início da primavera a precipitação é bastante reduzida. A distribuição das chuvas na bacia apresenta diferenças significativas uma vez que no norte e no leste da bacia o acumulado médio anual supera 1800 e 1600 mm/ano, respectivamente, enquanto que sua parte sudoeste, na região do Nabileque os valores mal ultrapassam 600 mm/ano (ANA, 2010). Apesar dos altos valores de precipitação registrados na maior parte da bacia, a evapotranspiração potencial é considerável, ultrapassando 1370 mm/ano (TUCCI, 2002), mesmo assim, a descarga média nas proximidades do exutório da bacia, em Porto

Murtinho, é de 2.276 m³/s (ANA, 2010), indicando que sua vazão específica média é de 6,26 m³/s/km².

A configuração topográfica da bacia (Figura 1A) demonstra que as áreas com maior altitude encontram-se nas suas bordas, enquanto sua parte principal é dominada por baixas altitudes. Assim, o rio Paraguai e seus afluentes (Figura 1B) possuem segmentos de alta declividade relativamente pequenos, onde estão instalados os aproveitamentos hidrelétricos.

Os perfis longitudinais dos rios Paraguai e Cuiabá (Figura 2) mostram que apenas uma pequena parte do curso fluvial de ambos os rios possui gradientes elevados. No caso do rio Paraguai, o segmento situado à montante de Barra do Bugres possui gradiente médio superior a 175 cm/km, o segmento entre esta cidade e Descalvados possui gradiente superior a 27 cm/km e o trecho restante, até o rio Apa, possui gradiente de 2,5 cm/km. No caso do rio Cuiabá, o rio Manso possui gradiente de 159 cm/km enquanto o rio Cuiabá até a cidade homônima possui declividade de 33,9 cm/km e de 8,6 cm/km até sua foz.

A mesma situação pode ser encontrada nos principais afluentes da margem esquerda do rio Paraguai e uma vez que a diferença de altitude é fundamental para a definição da potencia do aproveitamento hidrelétrico, os locais de melhor potencial para a geração encontram-se nos segmentos com maior declividade, ou seja, nas áreas de planalto.

Contudo, outra variável fundamental para a geração de energia é a descarga fluvial. Dessa maneira, a bacia não apresenta condições para a instalação de empreendimentos de grande porte, pois as áreas propícias encontram-se em segmentos de alto curso da rede hidrográfica, onde os rios são encaixados e a vazão fluvial ainda é relativamente reduzida (Tabela 1). Nas áreas em que os rios possuem descarga elevada, o gradiente do leito é baixo e o relevo possui baixa declividade, o que impossibilita a instalação de hidrelétricas.

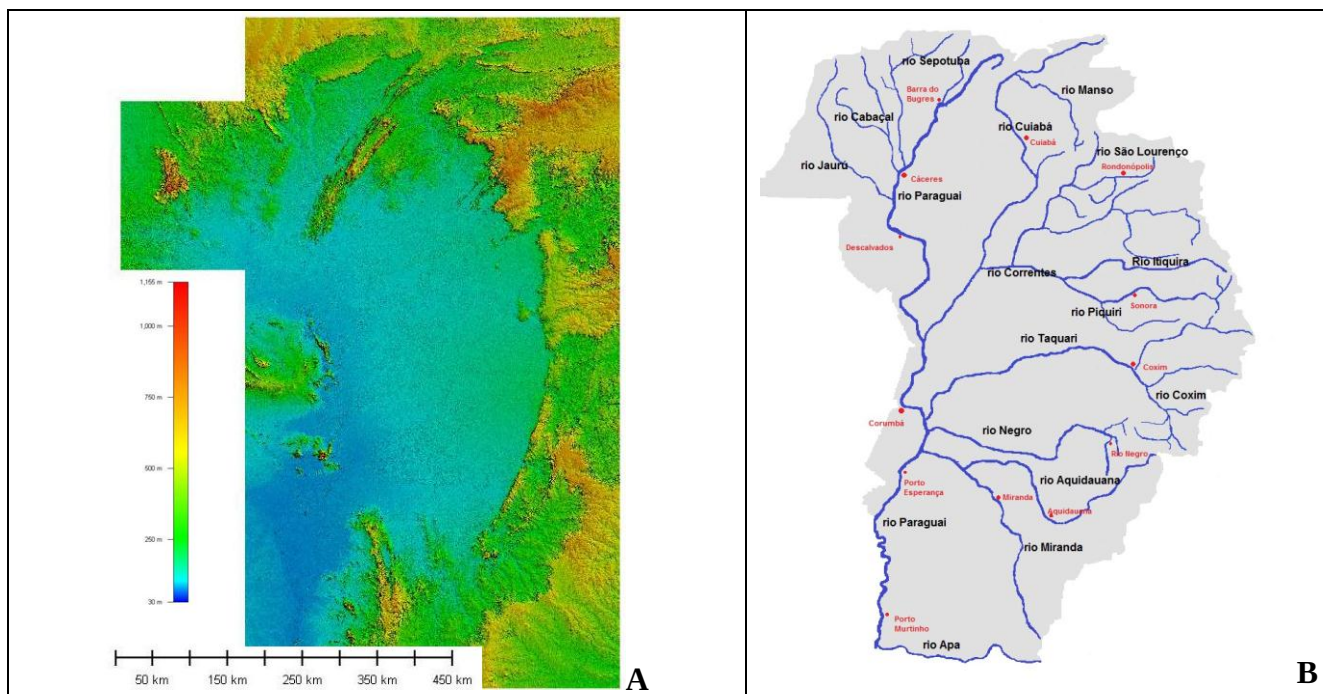


Figura 1: (A) Mapa hipsométrico da bacia do rio Paraguai em território brasileiro. **(B)** Rede hidrográfica do Alto rio Paraguai (rios principais e com barragens).

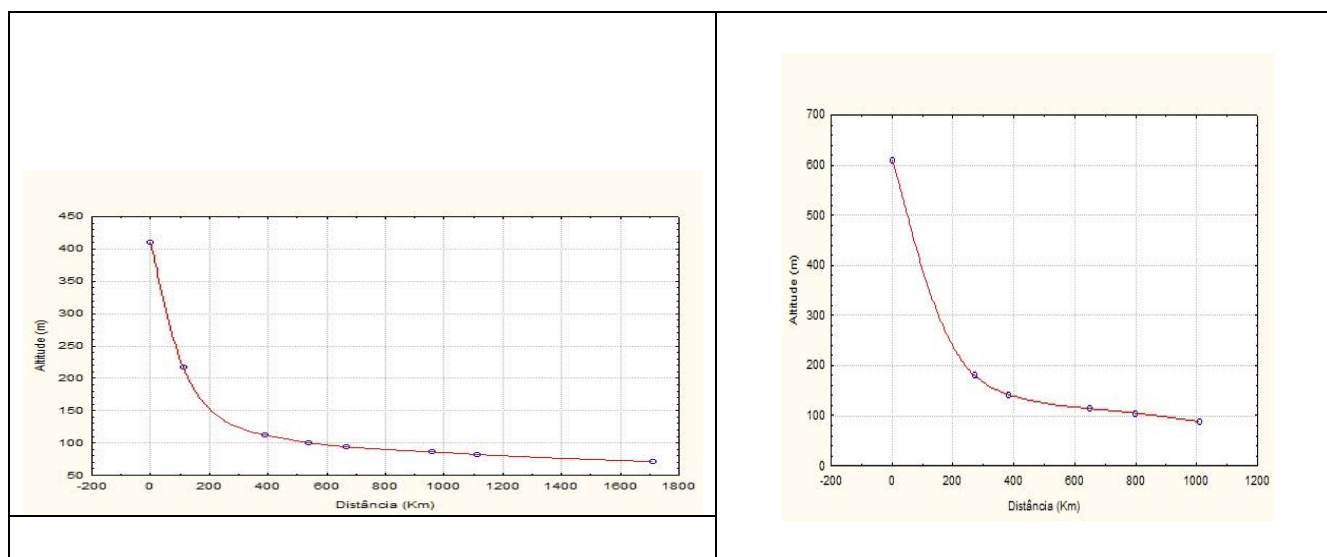


Figura 2: Perfil longitudinal do rio Paraguai até a foz do rio Apa (esquerda) e perfil longitudinal do rio Cuiabá-Manso (direita).

3 A DISTRIBUIÇÃO DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS NA BACIA.

Conforme mencionado, há 26 aproveitamentos hidrelétricos em operação e

outros 96 licitados (em diferentes fases de projeto), Figura 3. Os rios que já possuem barragens são o rio Paraguai, o Sepotuba, o Jaurú, o Cuiabá, o Taquari, e afluentes deles. O rio Cabaçal e seu afluente, o Vermelho, possuem apenas empreendimentos já licitados.

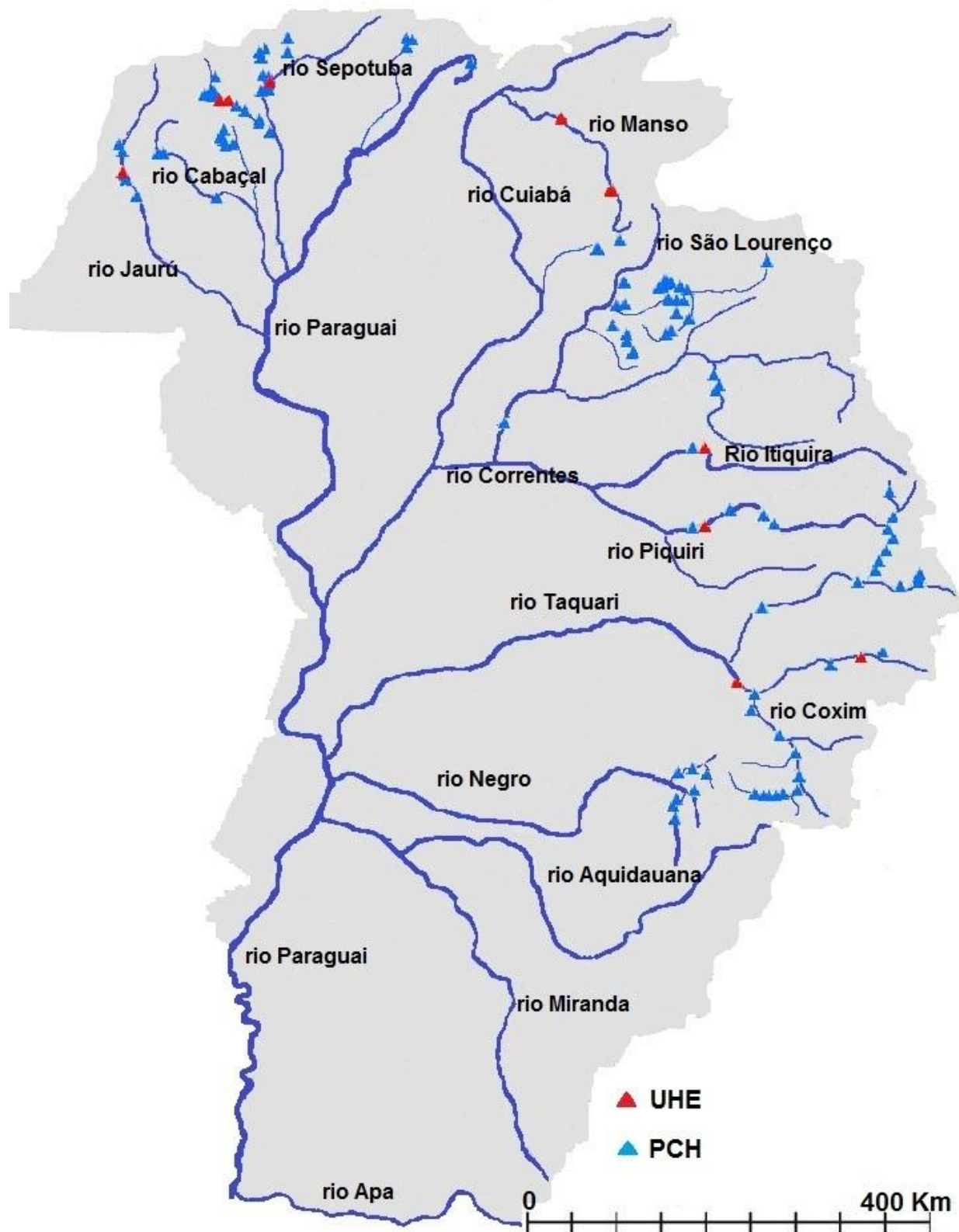


Figura 3: Usinas Hidrelétricas (UHE) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) da bacia.

No caso do rio Paraguai, há uma PCH em sua parte superior, outra no rio Santana, além de três outras previstas para este último rio (Tabela 2). A disposição dos empreendimentos indica que a PCH do Alto Paraguai é o exutório de uma área de 235 km² da bacia. Por sua vez, a futura PCH Santana 1 será o empreendimento situado na porção mais baixa do rio Santana, ao final de uma cascata de reservatórios e de uma área de drenagem de 804 km² da bacia.

Na bacia do rio Sepotuba há duas usinas hidrelétricas (UHEs) e duas pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) em operação, todas nos rios Juba e Jubinha. Além delas há previsão de mais três UHEs e de mais dezenove PCHs (Tabela 3). No rio Sepotuba os reservatórios estarão distribuídos em cascata e a PCH de Salto Maciel é o aproveitamento situado na parte mais baixa, sendo o exutório de uma área de 4.319 km². No rio Juba, os reservatórios também se dispõem em cascata, que é finalizada pela PCH de Tapirapuã, cuja área de drenagem é de 2.317 km².

Na bacia do rio Cabaçal ainda não há usina hidrelétrica em operação, mas há 7 PCHs em diferentes fases de projeto (Tabela 4). A PCH Cabaçal 1 encontra-se na parte jusante de

uma cascata de reservatórios situada no rio homônimo, onde a área de drenagem é de 1106 km².

No rio Vermelho há duas PCHs em cascata, mas a PCH Salto Caramujo situa-se bem mais à jusante e recebe água de uma área de 398 km².

Na bacia do rio Jaurú há uma UHE e quatro PCHs em operação, além de mais uma PCH em projeto (Tabela 5). A PCH Salto é a barragem situada mais à jusante, onde a área de drenagem é de 2460 km².

A bacia do rio Cuiabá é a que possui o maior número de aproveitamentos hidrelétricos. O número de unidades em operação chega a 14 e as planejadas chegam a 41. No rio Manso e em afluentes menores do rio Cuiabá há duas UHEs e duas PCHs em operação, além de 22 outras planejadas (Tabela 6).

No caso do rio Manso, a UHE Manso controla o fluxo de água de uma área de 9.201 km² da bacia, enquanto que a PCH Caeté controla a água de 54 km² da bacia. Os futuros empreendimentos controlarão outros 1 543,5 km² nas bacias do rio Roncador (800 km²), do Aricá Mirim (413 km²), do Mestre (61 km²), do Recreio (39 km²), do Rancho Queimado (45

Tabela 1: Área de drenagem e descarga média do rio Paraguai e alguns de seus afluentes em estações situadas em áreas de planalto, de acordo com dados da ANA (HIDROWEB).

Rio	local	Área de drenagem (Km ²)	Descarga média (m ³ /s)
Paraguai	Barra do Bugres	10.120	135
Sepotuba	São José do Sepotuba	8.640	220
Cabaçal	Ponte MT 125	5.000	65
Jaurú	Porto Espiridião	4.970	96
Cuiabá	Cuiabá	22.037	359
São Lourenço	Córrego Grande	21.800	332
Itiquira/Correntes	São Jerônimo	27.150	254
Taquari	Coxim	27.040	320

Tabela 2: Empreendimentos hidroelétricos em operação e planejado para o rio Paraguai e para o rio Santana, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR) e volume do reservatório (VR), de acordo com a ANEEL (SIGEL).

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km ²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)	Ar (Km ²)	Vr (km ³)
Unidades em operação								
Paraguai	PCH Pedro Petrossian	14°30' 56°24'	235	107,0		1,68		1,9
Santana	PCH Camargo Corrêa	14°20' 6°47'		323,6	306,3	4,23	0,49	
Unidades Previstas								
Santana	PCH Santana 3	14°20' 56°47'	560,0	321,5	306,0	1,60	1,05	
	PCH Santana 2	14°20' 56°49'	778,0	306,0	290,0	2,40	0,95	
	PCH Santana 1	14°22' 56°49'	804,0	290,0	211,0	11,30	0,81	

Tabela 3: Empreendimentos hidroelétricos em operação e planejado para o rio Sepotuba e afluentes, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR) de acordo com a ANEEL

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)	Ar (Km²)
Unidades em operação							
Juba e Jubinha	UHE Juba I	14°44' 58°06'	1.550	413,4	342,7	42,00	0,92
	UHE Juba II	14°45' 58°02'	1.808	342,4	273,2	42,00	2,80
	PCH Terra Santa	14°47' 57°58'	1.947	272,8	235,3	27,40	5,34
	PCH Pampeana	14°49' 57°54'	2.053	234,8	197,3	28,00	3,82
Unidades Previstas							
Maracanã	PCH Taquarinha	14°36' 57°67'	43,0	457,0	277,0	2,46	0,17
	PCH Maracanã	14°20' 55°37'	174,5	450,0	265,0	10,50	0,05
	PCH Medianeira	14°25' 57°37'	256,4	265,0	251,0	1,20	1,84
Rio do Sapo	PCH Rio do Sapo	14°37' 57°44'	593,0	238,0	219,5	4,10	2,54
	PCH Lagoa Grande	14°35' 57°45'	585,0	250,0	238,5	2,53	1,57
	PCH Ponte Estreita	14°35' 57°47'	520,0	261,5	250,5	2,10	1,30
	PCH Sucuriú	14°33' 57°48'	492,0	270,0	262,0	1,48	0,92
	PCH Guarapuruví	14°27' 57°48'	309,0	280,5	270,5	1,15	0,71
	PCH Salto do Sapo	14°24' 57°46'	102,0	437,0	282,0	5,77	3,58
	PCH Recanto	14°25' 57°48'	156,0	447,5	287,0	9,11	5,65
Juba e Jubinha	UHE Jubinha I		675,0	487,0	463,3	11,00	
	PCH Jubinha II	14°43' 48°88'	702,6	463,3	430,0	16,00	3,49
	PCH Jubinha III	58°07' 11°67'	723,9	430,1	413,4	4,60	0,51
	UHE Juba III	14°40' 58° 08'	803,0	470,5	450,0	6,20	25,3
	PCH Juba IV	14°42' 58°06'	809,8	450,0	414,4	11,00	2,02
	PCH Corredeira	14°52' 57°49'	2.213,0	191,8	173,8	16,20	1,27
	PCH Usina Velha	14°54' 57°48'	2.230,0	173,8	155,8	17,80	0,41
	PCH Tapirapuã	14°58' 57°44'	2317,0	155,8	140,0	14,90	3,63
Sepotuba	UHE Salto Nuvens					20,00	
	PCH Sepotuba	14°38' 57°45'	4.323,0	214,2	203,2	13,50	1,10
	PCH Paiguás	14°40' 57°45'	4.282,0	203,2	184,2	23,00	4,50
	PCH Salto Maciel	14°41' 57°48'	4.319,0	184,2	167,2	17,00	0,80

Tabela 4: Empreendimentos hidroelétricos em operação e planejado para o rio Cabaçal e para o rio Vermelho, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR) de acordo com a ANEEL.

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)
Vermelho	PCH Salto do Céu		140,0			1,90
	PCH Salto Cacau		160,0			3,10
	PCH Salto Vermelho		226,0			13,70
	PCH Salto Caramujo		398,0			1,75
Cabaçal	PCH Cabaçal III		593,0	362,0	304,0	2,30
	PCH Cabaçal II		603,0	400,0	363,5	4,50
	PCH Cabaçal I		1106,0	426,0	408,5	2,00

Tabela 5: Empreendimentos hidroelétricos em operação e planejado para o rio Jaurú, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR) e volume do reservatório (VR), de acordo com a ANEEL.

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)	Ar (Km²)
Unidades em operação							
Jaurú	PCH Alto Jaurú		1590			20,20	
	PCH Ombreiras					26,00	
	UHE Jaurú					121,50	4,62
	PCH Indiavaí		2320	249,9		28,00	
	PCH Salto		2460	210,4	191,5	19,00	0,79
Unidade Prevista							
Jaurú	PCH Figueirópolis			190,0	174,5	19,10	

km²), do Água Bonita (83,2 km²), do rio das Antas (33,3 km²) e do Mutum (179 km²).

No rio São Lourenço e afluentes há seis PCHs em operação e há outras 17 licitadas (Tabela 7). A PCH São Lourenço (Zé Fernando) controla 5.775 km² da bacia e outros 2454 km² são controlados pelas PCHs Beleza (109 km²), Sete Quedas (392 km²) e João Basso (1.953 km²).

Nos rios Itiquira e Correntes há quatro empreendimentos em operação (2 UHEs e 2 PCHs), além de duas PCHs licitadas. A PCH Aquarius encontra-se no exutório de uma área de 4.324 km² da bacia do rio Correntes e a UHE Itiquira (I e II) recebe água de 5.361 km² da bacia do rio Itiquira.

O rio Taquari possui apenas uma PCH em operação em sua bacia, mas há 3 UHEs e 19 PCHs previstas (Tabela 9). A PCH Pedro Gomes é o exutório de uma área de 9.664 km² da bacia do rio Taquari e a UHE Sucuri é a barragem mais baixa do curso do rio Coxim, onde a área de drenagem é de 13.853 km².

Os empreendimentos em operação e os já licitados estão todos distribuídos nas áreas de planalto e de maior declividade da bacia do Alto rio Paraguai, com exceção da PCH Pratinha, situada na borda da Província Serrana. A PCH Tapirapuã é a unidade que possui nível altimétrico de jusante mais baixo entre as que estão nos planaltos (140 metros).

4 OS POSSÍVEIS IMPACTOS AO SISTEMA FLUVIAL.

Do ponto de vista sistêmico, qualquer alteração de forma ou de processo em uma bacia hidrográfica produz uma resposta que atinge as formas e processos dependentes das variáveis afetadas, com intensidade proporcional à da modificação. Tendo isso em conta, é evidente que os 26 empreendimentos hidrelétricos em operação produzem modificações no sistema fluvial e é óbvio que a construção das demais 96 barragens aumentarão ainda mais as alterações. Contudo, a adequada avaliação dos impactos carece de um conjunto de informações que

infelizmente não estão disponíveis, tais como a característica dos empreendimentos, o adequado conhecimento dos sistemas fluviais atingidos e da existência de modelos de previsão baseados em conhecimento de um conjunto significativo de estudos de caso.

No que diz respeito às características dos empreendimentos, os dados disponíveis não permitem a obtenção de informações básicas sobre os empreendimentos, tais como tipo de barragem, posição e tipo dos vertedores e das tomadas de água, forma de operação (acumulação ou fio d'água), volume dos reservatórios e em alguns casos a área inundada e até mesmo a área de contribuição da bacia (Tabelas 2 a 9).

Por outro lado, o conhecimento do sistema fluvial ainda é parco e as informações geológicas e geomorfológicas são regionais (RADAMBRASIL, 1982; ASSINE, 2004; ASSINE & SOARES, 2004; ASSINE *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2007, 2008; ZANI *et al.*, 2009, entre outros), assim como as informações hidrológicas (DNOS, 1974; TUCCI, 2002; TUCCI *et al.*, 1995; COLLISCHONN & TUCCI, 2001; PADOVANI, *et al.*, 1998 a e b, entre outros). As estações meteorológicas e fluviométricas com série histórica longa e completa são raras e os estudos dos efeitos da ocupação antrópica da bacia são escassos (FIORI & CIALI, 1999; FIORI *et al.*, 2001; PARANHOS *et al.*, 2003; GRIZIO & SOUZA FILHO, 2010, etc.).

Os modelos de previsão de impactos ambientais ainda são incipientes porque a exigência de estudos a respeito dos impactos ambientais de barragens é relativamente nova. Dessa maneira uma grande parte das barragens brasileiras foi construída sem que os sistemas fluviais fossem adequadamente conhecidos. Mesmo após a obrigatoriedade dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) a situação não melhorou muito porque os estudos ambientais a respeito da divisão de quedas da bacia são raros e os EIAs de cada empreendimento são elaborados abordando um período de tempo muito pequeno para que o conhecimento da

Tabela 6: Empreendimentos hidroelétricos em operação e planejado para o rio Manso e afluentes Menores do rio Cuiabá, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR) e volume do reservatório (VR), de acordo com a ANEEL.

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)	Ar (Km²)	Vr (km³)
Unidades em operação								
Manso	UHE Casca III			433,7	377,0	12,42	0,37	
	PCH Casca II		790	497,0		3,52		6,0
	UHE Manso		9191	287,0	224,8	210,00	427,00	7,3
Caeté	PCH Caeté		54	524,9	224,6	6,30		
Unidades Previstas								
Roncador	PCH Bem-te-vi	15°06' 55°08'	221,1	600,0	495,5	6,90	0,02	
	PCH Roncador	15°06' 55°08'	230,1	592,6	567,6	0,90	0,014	
	PCH Quero-Quero	15°07' 55°10'	303,8	475,0	441,2	3,06	0,06	
	PCH Colhereiro	15°06' 55°17'	474,7	375,0	355,0	2,84	0,76	
	PCH Tucano	15°05' 55°24'	800,0	325,0	299,4	6,11	2,80	
Aricá Mirim	PCH Aricá-Mirim I	15°41' 55°23'	77,0	620,0	510,0	3,55	0,32	
	PCH São Tadeu I	15°44' 55°31'	256,0	420,0	220,0	18,00	0,46	
	PCH São Tadeu II	15°45' 55°33'	413,0	220,0	187,0	3,40	0,05	
Mestre	PCH Mestre	15°58' 55°21'	41,0	470,0	366,0	2,00	0,01	
	PCH Santa Cecília	15°58' 55°22'	61,0	366,0	229,0	2,80	0,01	
Recreio	PCH Recreio I	16°08' 55°25'	36,0	550,0	250,0	2,60	0,01	
	PCH Recreio II	16°08' 55°25'	39,0	250,0	200,0	0,27	0,01	
Rancho Queimado	PCH São Judas Tadeu					3,20		
	PCH Rancho Queimado 2	16°19' 55°21'	62,4	414,8	385,0	0,63	0,02	
	PCH Rancho Queimado 3	16°19' 55°20'	59,7	430,0	414,8	0,30	0,035	
	PCH Rancho Queimado 4	16°18' 55°21'	45,6	520,0	457,0	0,95	0,025	
Água Bonita	PCH Rancho Queimado	16°19' 55°21'	83,2	385,0	212,0	5,00	0,0015	
	AB 2 (Acumulação)			400,0	390,0		0,06	
Das Antas	PCH Rancho Queimado 5	16°22' 55°21'	33,3	400,0	220,0	2,03	0,01	
Córrego Mutum	PCH Mutum I	16°26' 55°18'	175,0	373,0	282,0	4,00	0,18	
	PCH Mantovilis	16°27' 55°19'	179,0	282,0	166,5	5,20	0,21	
Pratinha	PCH Santo Antonio			514,5	163,0	15,00		

variabilidade de longo termo seja seguro. Além disso, não é incomum a dispensa de realização de EIAs em PCHs.

Uma vez que a situação natural dos sistemas fluviais é pouco conhecida, raramente há parâmetros de referência para a comparação entre as condições existentes antes e depois da construção da obra, dificultando a obtenção de modelos preditivos. Se os modelos de impactos ambientais de uma barragem ainda são precários, os modelos de avaliação de impactos de barragens distribuídas em cascata são praticamente desconhecidos e os que envolvem a avaliação de impactos em sistemas fluviais de grande porte em regiões tropicais são inexistentes.

Dessa forma, os estudos de impacto ambiental que vêm sendo realizados, na maioria

das vezes utilizam modelos particulares às áreas de conhecimento específicas, resultando em prejuízo para a avaliação sistêmica.

Por estas razões, a discussão a respeito dos impactos das barragens existentes e previstas para a bacia do rio Paraguai ficará limitada a alguns parâmetros hidrológicos. A escolha desta abordagem deve-se aos dados disponíveis e ao fato da água ser o motor do sistema fluvial.

Para início desta abordagem, a primeira pergunta a ser feita é: as barragens gerarão energia suficiente para compensar a perda da cobertura vegetal e/ou da produção agrícola das áreas inundadas e das que serão inundadas?

Os dados disponíveis não são completos, mas as áreas já inundadas superam 472,5 km² e a potência instalada chega a 1057,35

Tabela 7: Empreendimentos hidroelétricos em operação e planejado para o rio São Lourenço e afluentes, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR), de acordo com a ANEEL.

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)	Ar (Km²)
Unidades em operação							
Poxoréu	PCH Poxoréu		1340	96,7		1,20	0,18
Saia Branca	PCH Sucupira	15°59' 55°05'	356	407,3	358,3	4,50	0,07
	PCH Pequi	16°00' 55°06'	327	478,0	407,3	6,00	0,04
	PCH Rondonópolis	16°39' 54°43'	1.733	298,5	235,0	26,60	0,016
Ponte de Pedra	PCH Engº José Gelázio da Rocha	16°42' 54°45'	1.680	365,0	298,5	24,40	0,13
São Lourenço	PCH São Lourenço	16°13' 54°56'	5.775	220,0	200,0	29,10	5,00
Unidades Previstas							
Tenente Amaral	PCH Ipê	15°58' 55°06'	150,0	493,0	453,0	1,10	0,04
	PCH Cambará	15°58' 55°05'	332,0	453,0	408,0	2,70	0,06
	PCH Embaúba	15°58' 55°04'	335,0	408,0	353,0	3,30	0,13
	PCH Mangaba	15°58' 55°03'	737,0	343,0	325,0	2,30	0,14
Saia Branca	PCH Jatobá	16°00' 55°08'	322,0	497,9	478,0	2,00	0,05
	PCH Buriti	16°01' 55°08'	319,0	508,0	497,9	1,00	0,06
Rio Prata	PCH Água Branca	16°06' 54°58'	440,6	295,0	235,0	10,00	0,29
	PCH Água Brava	16°05' 55°01'	357,8	400,0	295,0	13,00	1,68
	PCH Água Prata	16°05' 55°03'	333,7	490,0	400,0	13,30	0,28
	PCH Água Clara	16°05' 55°04'	327,2	520,0	490,0	4,00	0,40
Cór. Beleza	PCH Beleza	16°10' 55°00'	109,0	430,50	222,00	6,10	0,36
Córrego Ibó	PCH Europa	16°19' 55°05'	237,0	430,0	365,0	4,50	1,03
	PCH 7 Quedas A					18,00	
	PCH 7 Quedas	16°18' 55°03'	392,0	365,0	208,0	18,00	0,42
Ponte de Pedra	PCH João Basso	16°35' 54°46'	1.953,0	235,0	197,0	18,00	1,05
Caramujo	PCH Caramujo	14°56' 58°03'	62,0	490,0	240,0	3,91	0,04
São Lourenço	PCH Jaciara	16°01' 54°56'	4.158	250,0	230,0	19,00	3,70

Tabela 8: Empreendimentos hidroelétricos em operação e planejado para o rios Itiquira e Correntes, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR) e volume do reservatório (VR), de acordo com a ANEEL.

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)	Ar (Km²)	Vr (km³)
Unidades em operação								
Correntes	PCH Sta Gabriela	17°32' 54°26'	3.132	459,0	416,5	24,00	0,70	
	UHE Ponte de Pedra	17°36' 54°49'		396,0	150,2	176,10	15,62	0,111
	PCH Aquarius	17°37' 54°55'	4.324			4,20		
Itiquira	UHE Itiquira I e II		5.361	412,0	180,0	156,00	3,85	0,005
Unidades Previstas								
Correntes	PCH Santa Paula	17°36' 54°22'	2.164,0	474,0	461,5	5,20	1,10	
	PCH Água Enterrada	17°30' 54°40'	3.696,0	416,5	396,0	14,50	22,00	

MW, ou seja, cada km² gera 2,24 MW/h. As áreas que serão inundadas superam 236,3 km² e terão potencia instalada de 801 MW, ou seja cada km² poderá gerar 3,4 MW/h. Em alguns anos a relação total será de 2,6 MW/km².

A título de comparação, o valor é menor que o das UHEs Xingó (53,68 MW/km²), Foz do Areia (12,10 MW/km²) Itaipu (10,37 MW/km²), equivalente a Tucuruí (2,78 MW/km²), Itumbiara (2,70 MW/km²) e Ilha Solteira (2,54 MW/km²), mas maior que Rosana

(0,69 MW/km²), Porto Primavera (0,52 MW/km²), Samuel (0,39 MW/km²) e Balbina (0,12 MW/km²).

Contudo, se a UHE Manso fosse retirada do cálculo, o rendimento do conjunto de barragens seria muito maior, passando a ser de 5,85 MW/km². Tal dado demonstra que a referida barragem destoa em muito do conjunto total, uma vez que seu rendimento é muito baixo (0,49 MW/km²).

Mesmo sem desconsiderar a UHE Manso e levando-se em conta o preço máximo

Tabela 9: Empreendimentos Hidroelétricos em operação e planejados na bacia do rio Taquari, sua área de contribuição (AC), nível montante (NM) e jusante (NJ), potência (P), área (AR), de acordo com a ANEEL.

Rio	Nome	Coordenadas	Ac (Km²)	Nm (m)	Nj (m)	P (MW)	Ar (Km²)
Unidade em operação							
Coxim	PCH Ponte Alta	19°24' 54°29'	495	588,0	440,0	13,00	0,76
Unidades Previstas							
Jaurú (*)	PCH Jauruzinho	18°27' 53°38'	371,0	350,0	325,0	2,40	7,08
	UHE Bar Piraputanga	18°29' 53°47'	1.611,0	325,0	295,9	10,30	32,22
	PCH Água Fria	18°32' 53°59'	2.104,0	296,0	270,9	11,30	11,42
Coxim	PCH Calcutá	19°25' 54°26'	605,0	440,0	412,0	3,50	0,39
	PCH Maringá	19°25' 54°23'	655,0	412,0	388,0	4,00	0,74
	PCH Ponte Vermelha	19°24' 54°21'	800,0	388,0	363,0	5,00	0,63
	PCH Lagoa Alta	19°24' 54°18'	910,0	363,0	337,0	6,00	1,16
	PCH Entre Rios	19°22' 54°12'	1.300,0	337,0	314,0	8,00	6,11
	PCH Faz. Caranda	19°17' 54°12'	2.450,0	313,0	300,0	6,50	9,09
	PCH Peralta	19°07' 54°14'	4.031,0	300,0	281,7	14,50	10,83
	PCH Água Vermelha	19°01' 54°20'	5.620,0	278,0	255,3	23,70	13,00
	PCH São Domingos	18°51' 54°31'	7.057,0	246,0	229,0	22,00	3,89
	PCH Mundo Novo	18°44' 54° 30'	6.249,0	240,0	221,7	21,50	8,97
	UHE Sucuri	18°39' 54°37'	13.853,0	221,5	205,4	38,00	4,97
Taquari	PCH Alto Taquari	17°56' 53°23'	124,0	800,0	500,0	7,30	2,37
	PCH Lajari Geração	17°55' 53°23'	171,0	763,0	500,0	19,30	0,01
	PCH Lajari	17°55' 53°24'	120,0	765,0	754,0	19,30	0,52
	PCH Serra Vermelha	17°57' 53°24'	281,0	500,0	450,0	2,50	0,18
	PCH Mutum	17°59' 53°24'	528,0	450,0	350,0	8,50	2,27
	UHE Taquarizinho	18°01' 53°31'	1.503,0	350,0	317,9	11,00	5,04
	PCH Bar. Ariranha	17°59' 53°48'	5.096,0	305,0	291,8	13,00	8,63
	PCH Pedro Gomes	18°09' 54°27'	9.664,0	240,0	228,7	19,50	4,69

do MW/h gerado por PCHs no leilão de 26 de julho de 2010 (R\$ 141,93), cada km² inundado poderá render mais de R\$ 3.200.000 por ano, ou seja, o valor de mais de 80.000 sacas de soja ou de quase 11.000 sacas de café arábica.

Assim sendo, a produção de energia compensa a perda de terras que poderiam ser destinadas ao uso agrícola, com a possível exceção da área inundada pela UHE de Manso.

A avaliação da perda de biodiversidade depende da obtenção de informações relativas à situação de cada área inundada e do levantamento da vegetação e fauna de cada fragmento inundado. A obtenção de informações sobre as áreas inundadas pode ser feita por meio do uso de geotecnologia, mas os levantamentos de flora e fauna exigem trabalhos de campo. Caso eles tenham sido feitos nas áreas já inundadas é possível avaliar a perda de biodiversidade, mas se eles não foram realizados, a informação está perdida.

A segunda pergunta refere-se a qual a intensidade do controle de vazão imposta pelo

conjunto de barragens. Uma forma de avaliar tal controle inicia-se pela obtenção da área de drenagem das barragens situadas na parte mais baixa de cada rio. A área de drenagem e o total da área sob influência de barragem de cada bacia de contribuição encontram-se na Tabela 10.

Cerca de 50 % da área de planalto das bacias de drenagem com barragens encontra-se controlada e as bacias do rio Taquari e Sepotuba são as mais afetadas. Quando se considera a área total de planalto da bacia do rio Paraguai em território brasileiro (215.813 km²) a porcentagem é reduzida para 29,6 % e quando a área total da bacia em território brasileiro é considerada (363.442 km²), a porcentagem é reduzida para 17,6 %.

Para avaliar a descarga fluvial que estará sob controle de barragens, foi utilizada a descarga média registrada em estações fluviométricas nos rios principais e calculada a vazão específica. Este valor foi utilizado para a estimativa da descarga média em cada empreendimento (Tabela 11).

Tabela 10: Área de drenagem das sub-bacias, área sob controle de barragem e porcentagem da bacia sob controle.

Rio	local	Área de drenagem (Km ²)	Área controlada (Km ²)	%
Paraguai	Barra do Bugres	10.120	1.039	10,3
Sepotuba	São José do Sepotuba	8.640	6.636	76,8
Cabaçal	Ponte MT 125	5.000	1.504	30,1
Jaurú	Porto Espiridião	4.970	2.460	49,5
<i>Paraguai Superior</i>	<i>Foz dos afluentes</i>	28.730	11.639	40,5
Cuiabá	Cuiabá	22.037	10.899	49,5
São Lourenço	Córrego Grande	21.800	8.229	37,8
Itiquira/Correntes	São Jerônimo	27.150	9.685	35,7
Taquari	Coxim	27.040	23.517	87,0
Total	Saída dos planaltos	126.757	63.969	50,5

Os dados obtidos demonstram que quase 44 % da vazão dos rios com barragem na área de planalto é controlada e o rio Taquari é o mais afetado (quase 88 %). Quando é considerado o valor médio da vazão que entra no Pantanal, a porcentagem diminui para 39,7 e quando considerada a vazão de saída, em Porto Esperança, o valor quase não varia, ficando em 37,7 %.

Contudo, a maior parte dos empreendimentos aparentemente terá operação a fio d'água visto que a maioria das barragens corresponde a PCHs e o porte das áreas inundadas é pequeno. Se assim for, o controle sobre a vazão será menor do que o avaliado. Dentre os empreendimentos já relacionados, a UHE Manso é o único que com certeza tem reservatório de acumulação e efetua controle sobre descarga (ANDRADE *et al.*, 2008 e ANA, 2010). Além dela, a PCH Rancho Queimado 1

(AB 2) será um reservatório de acumulação e a PCH Casca II e a UHE Barra do Piraputanga possuem condições de efetuar controle de descarga significativo.

Assim sendo, as áreas com controle efetivo de descarga serão as áreas de drenagem da UHE Manso e da PCH Rancho Queimado 1. Além delas, é possível que a área de drenagem da UHE Barra do Piraputanga também possa ser incluída nesta relação. A PCH Casca II situa-se na área de drenagem da UHE Manso. Sob este ponto de vista espera-se a regularização da descarga dos rios Cuiabá (no próprio rio e em seu afluente o rio Rancho Queimado) e Taquari (em seu afluente, o rio Jaurú). Nestes casos os efeitos serão a atenuação das ondas de cheia e a redução da ocorrência de vazões reduzidas, como acontece na UHE Manso (ANA, 2010) e na Barragem de Porto Primavera (SOUZA FILHO, 2009), entre muitas outras.

Tabela 11: Área de drenagem, vazão média, vazão específica, vazão controlada e porcentagem de vazão controlada em diversas situações na bacia do rio Paraguai.

Rio	Local	Área de drenagem (Km ²)	Vazão média	Vazão específica (l/s/km ²)	Vazão controlada	média	%
Paraguai	Descalvados	48.216	593	12,3		144	24,3
Cuiabá	Cuiabá	22.037	359	16,3		178	49,5
São Lourenço	Córrego Grande	21.800	332	15,2		125	37,7
Itiquira	São Jerônimo	27.150	254	9,4		91	35,8
Taquari	Coxim	27.040	320	11,8		278	87,9
Total			1.858			816	43,9
Entrada Pantanal			2.058			816	39,7
Saída	Porto Esperança		2.165			816	37,7

Tabela 12: Área de drenagem controlada, vazão média, vazão controlada e porcentagem da vazão sob controle de barragens de acumulação nos rios Cuiabá e Taquari.

Rio	Local	Área controlada (Km ²)	Vazão média	Vazão específica (l/s/km ²)	Vazão média controlada	%
Cuiabá	Cuiabá	9.274	359	16,3	151	42,1
Taquari	Coxim	1.611	320	11,8	19	5,9
Entrada Pantanal			2.058		170	8,3
Saída Pantanal			2.165		170	7,9

Neste contexto, a área de drenagem sob controle de barragens de acumulação é de 10.885 km², ou seja, 5% da área de planalto e 3% da área da bacia do rio Paraguai (em território brasileiro). No que diz respeito à vazão, 42,1% da descarga fluvial do rio Cuiabá na cidade homônima poderá estar controlada, 5,9 % da descarga do rio Taquari, 8,3% da vazão afluente ao Pantanal e 7,9 % da vazão defluente (Tabela 12).

Por meio desta abordagem, verifica-se que o rio Cuiabá será o curso fluvial com maior impacto no que diz respeito à regularização de descargas e que o controle de vazões terá pequena influência sobre a dinâmica dos fluxos de água no Pantanal. Neste quadro, os pulsos de cheia ficarão preservados em todas as suas características.

A terceira pergunta a ser respondida diz respeito ao transporte de sedimentos. Neste caso, a operação da barragem não possui grande influência no efeito. A carga de fundo será retida em todas as barragens (a não ser naquelas que tenham descarregador de fundo), mas não é possível avaliar a quantidade que será retida porque não há informações seguras sobre o transporte de fundo para a maior parte das barragens.

A retenção da carga em suspensão dependerá de diversos fatores, tais como comprimento do reservatório, tempo de residência, características físico-químicas das águas, proporção de silte na carga, tamanho e frequência de ondas, etc. Neste caso, os rios com reservatórios dispostos em cascata têm maior chance de terem maior perda de carga suspensa.

Uma vez que os dados necessários para avaliar a retenção de carga em suspensão em cada barragem não estão disponíveis, a alternativa que pode ser utilizada é a avaliação da descarga sólida em suspensão que está sob influência das barragens, por meio do procedimento adotado para a avaliação da descarga líquida. Os resultados encontram-se na Tabela 13. Embora os dados estejam desatualizados e não seja possível averiguar a quantidade retida em cada empreendimento, a avaliação exposta na Tabela 13 mostra que os rios Taquari e Cuiabá são aqueles que podem vir a sofrer maior retenção de sua carga em suspensão e que o aporte de sedimentos no Pantanal pode vir a ser fortemente afetado. Contudo, diversos autores identificaram uma tendência de aumento do transporte de sedimentos em suspensão em diversos rios da bacia (PADOVANI, *et al.*, 1998; BRASIL, 2004; SILVA, 2006; GRIZIO, 2008, entre outros).

O aumento do transporte foi atribuído à ocupação da bacia e foi significativamente alto em alguns períodos (Tabela 14), mas os dados relativos à descarga sólida em suspensão em Porto Esperança demonstram que os valores não mudaram muito entre as décadas de 1960, 1970 e 2000, pois em 1965 o transporte anual era de 7,7 milhões de toneladas por ano, entre 1977 e 1982 era de 7,2 milhões de toneladas e entre 1999 e 2002 era de 7,6 milhões.

Os dados de Porto Esperança indicam que o transporte de carga suspensa à jusante do pantanal não é influenciado pelo aporte de sedimentos dos rios situados à montante e a

Tabela 13: Transporte em suspensão (QSS), Produção de sedimentos (PDS), Área de drenagem afluyente a reservatórios (A), Transporte em suspensão sob influencia de barragens (QSSB) nas principais bacias do alto rio Paraguai. (Dados do PNUD, 1995).

Rio	local	Qss (ton/ano)	Psd (ton/ano/km ²)	A (Km ²)	Qssb (ton/ano)	%
Paraguai Superior	Descalvados	1.487.000	30,8	11.639	359.000	24,1
Cuiabá	Cuiabá	2.345.000	106,4	10.899	1.160.000	49,5
São Lourenço	Córrego Grande	4.205.000	192,9	8.229	1.587.000	37,7
Itiquira	São Jerônimo	300.000	11,1	9.685	107.000	35,7
Taquari	Coxim	10.950.000	405,0	23.517	9.523.000	87,0
Total		19.287.000			12.726.000	66,0
Entrada Pantanal		24.200.000			12.726.000	52,6

Tabela 14: Taxas de aumento anual do transporte de sedimentos em suspensão em rios da bacia do rio Paraguai, segundo Brasil, 2004.

Rio	Local	Taxa anual (%)					
		1978-80	1980-81	1981-82	2000-02	2002-03	78-03
Paraguai Superior	Cáceres	17,99	5,12	17,53		0,79	1,09
Cuiabá	Cuiabá	0,30			50,83		0,86
São Lourenço	Córrego Grande	3,05	66,80	9,05			9,05
Itiquira	BR 163	3,81					
Taquari	Coxim	-4,03	48,35	30,34			

diferença entre a entrada e a saída de sedimentos deve-se à deposição na bacia pantaneira. Tal retenção estaria proporcionando a agradação da planície na ordem de 0,062 mm/ano em média (BRASIL 2004).

Esta situação permite a elaboração de três cenários: as barragens podem reter parte do excesso de sedimentos em suspensão, podem reter o todo o excesso de sedimentos ou ainda podem reter mais sedimentos que o aumento proporcionado pela ocupação. Nos dois primeiros casos as barragens terão um impacto positivo sobre o sistema, reduzindo ou eliminando os efeitos da ocupação da bacia. No terceiro caso, o impacto é negativo e pode vir a proporcionar a degradação da bacia pantaneira, caso a saída de sedimentos seja maior que a entrada.

O mesmo raciocínio pode ser feito para os efeitos da carga de fundo, ainda que não exista possibilidade de quantificação segura. Contudo, os rios que possuem barragens situadas nas proximidades de sua porção deposicional podem ter seu padrão de canal alterado.

A alteração do padrão de canal é decorrente da falta de suprimento detrítico e do

aumento da potencia de corrente, que levam o canal a entrar em processo de ajuste fluvial. O ajuste propaga-se de montante para jusante por meio da cominuição das formas de leito, desaparecimento das barras fluviais e aumento da textura das formas residuais, conforme descrito por SOUZA FILHO *et al.* (2004) para o rio Paraná. Dessa maneira um canal meandrante pode passar a ser entrelaçado (enquanto tiver carga de fundo suficiente) e mesmo deixar de ser deposicional. Qualquer que seja a situação, ele gradativamente estabelecerá novas relações com sua planície.

5 CONCLUSÕES

Os dados disponíveis a respeito das barragens construídas ou em construção na bacia do rio Paraguai demonstram que em poucos anos existirão 122 barragens para geração de energia elétrica em sua rede de drenagem. Destas, 13 serão usinas hidrelétricas e 109 serão pequenas centrais hidrelétricas, todas elas instaladas em área de planalto.

A avaliação do rendimento desses empreendimentos demonstrou que o alagamento de áreas de produção agrícola permitirá maior

ganho econômico que o cultivo de soja ou de café, pois há um potencial de geração de 2,6 MW por quilômetro quadrado de área inundada. Esse valor seria ainda maior (5,85 MW/km²) caso a UHE Manso não tivesse sido construída.

As barragens controlarão perto de 44% da descarga fluvial afluyente da área de planalto, 40% da vazão afluyente ao Pantanal e 38% da vazão defluyente da planície pantaneira. Contudo a capacidade de controle das PCHs é reduzida, pois a maior parte delas operará a fio d'água. As UHEs com maior capacidade de controle são as usinas de Manso e Barra do Piraputanga, além das PCHs Casca II e Rancho Queimado, afetando principalmente o rio Cuibá e em menor proporção o rio Taquarí.

O conjunto de empreendimentos poderá reter até 66% da carga detrítica transportada pelos rios com barragens, o que equivale a cerca de 52% da carga afluyente ao Pantanal. Contudo, tais valores podem ser menores, pois o transporte de fundo não é conhecido e a retenção dos sedimentos em suspensão em pequenos reservatórios é pouco significativa. Tal retenção poderá contrabalançar o aumento do aporte de sedimentos proporcionado pela ocupação da bacia, mas pode também ter intensidade suficiente para dar início à degradação da planície pantaneira, caso a carga de saída do Pantanal seja maior do que a de entrada.

A retenção de sedimentos proporcionará o ajuste fluvial dos canais situados à jusante das barragens e este efeito será particularmente forte nos segmentos que desenvolvem leques aluviais, como é o caso do rio Taquarí. Tal quadro indica a necessidade de monitoramento do transporte fluvial, especialmente do transporte de leito, que nunca foi monitorado de forma sistemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA **Diagnóstico analítico do Pantanal e bacia do Alto Paraguai**: Relatório Final. Brasília: ANA, 2003. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/gefap/arquivos/ResumoExecutivoDAB.pdf>.

ANA. **Boletim de Monitoramento da Bacia do Alto Paraguai**. Brasília: ANA, 2010.

Disponível em:

http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/UsosMultiplos/BoletinsMonitoramento/AltoParaguai/Boletim_Monitoramento_Alto_Paraguai_2010_09.pdf.

ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R.F.; SILVEIRA, A. & OLIVEIRA, C. U. R. . Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso – MT. **Geociências**, São Paulo, v. 27, n 2, 2001.

ASSINE, M. L. A bacia sedimentar do Pantanal Mato-Grossense. In: Mantesso Neto; V., Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito Neves, B.B.. (Org.). **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004, p. 61-74.

ASSINE, M.L. & SOARES, P.C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, Londres, v. 114, n. 1, p. 23-34. 2004.

ASSINE, M.L.; PADOVANI, C.R.; ZACHARIAS, A.Á.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.. Compartimentação geomorfológica, Processos de avulsão fluvial e mudanças de curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-grossense. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, v. 6, p. 97-108, 2005.

BRASIL. **Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai**: Relatório Final. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. Simulação Hidrológica de Grandes Bacias. **RBRH**, Porto Alegre, V6 N.1 95-118, 2001.

DNOS. **Estudos Hidrológicos da Bacia do alto Paraguai**. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 1974, p. 284.

FIORI, A.P.; OKA-FIORI, C.; DISPERATI, L.; PARANHOS, A.C.; KOZCIAK, S. & CIALI, A. O processo erosivo na Bacia do Alto Paraguai. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, UFPR, n. 49, p. 63-78, 2001.

FIORI A. P. & CIALI A. Metodologia para obtenção do grau de erosão potencial mediante técnicas SIG e Sensoriamento Remoto. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 47, 1999.

GRIZIO, E.V. & SOUZA FILHO, E.E. As modificações do regime de descarga do rio Paraguai Superior, **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.11, n.2, p.25-33, 2010.

HIDROWEB. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/> Acessado em: setembro de 2010

PADOVANI, C.R.; CARVALHO, N.O.; GALDINO, S.; VIEIRA, L. M. Produção de Sedimentos da Alta Bacia do Rio Taquari Para O Pantanal. In: 3º Encontro de Engenharia de Sedimentos - Assoreamento de reservatório e erosão à jusante, 1998, Belo Horizonte-MG. In: Encontro de Engenharia de Sedimentos, 3. **Anais....** Belo Horizonte, v. 1. p. 16-24, 1998.

PADOVANI, C.R.; CARVALHO, C.R.; GALDINO, S.; VIEIRA, L.M. Deposição de Sedimentos e Perda de Água do Rio Taquari No Pantanal. In: 3º Encontro de Engenharia de Sedimentos, 1998, Belo Horizonte-MG. Encontro de Engenharia de Sedimentos, 3. **Anais...** Belo Horizonte, 1998. v. 1. p. 127-134, 1998.

PARANHOS FILHO, A.C.; FIORI, A.P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Avaliação multitemporal das perdas dos solos na bacia do rio Taquarizinho através de SIG. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 52, p. 49-59, 2003.

MATO GROSSO. **Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento. Caracterização Hidrográfica do Estado de Mato Grosso..** Cuiabá-MT: Governo do Estado do Mato Grosso, 1995. 537 p.

RADAMBRASIL. **Levantamentos dos recursos naturais.** Cuiabá: Ministério das Minas e Energia, 1982. p. 448.

SELLITTO, M.; RIBEIRO, J.L. D.; PETRILLO, F. Modelo não-linear de longo prazo para a potência requerida do sistema brasileiro de eletricidade. **Investigação Operacional**, Lisboa, v. 27, p. 1-20, 2007.

SIGEL - **Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico.** Disponível em: <http://sigel.aneel.gov.br/> Acessado em agosto de 2010.

SILVA, A.; ASSINE, M. L.; SOUZA FILHO, E. E.; CUNHA, S. B.; ZANI, H. Compartimentação Geomorfológica do rio Paraguai na Borda Norte do Pantanal Mato-Grossense, Região de Cáceres. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 1, p. 73-81, 2007.

SILVA, A.; SOUZA FILHO, E.E.; CUNHA, S. B. Padrões de Canal do Rio Paraguai na região de Cáceres (MT). **Revista Brasileira de Geociências**, Rio Claro, v. 38, n. 1, p. 169-179, 2001.

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

SOUZA FILHO, E.E.; ROCHA, P.; COMUNELLO, É.; STEVAUX, J. C. Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain. In: Sidney Magela Thomaz; Ângelo Antonio Agostinho; Norma Segati Hahn. (Org.). **The Upper Parana River and its floodplain: Physical aspects, Ecology and Conservation.**

Leiden: Backhuys Publishers, 2004, v. 1, p. 55-74.

TUCCI, C.E.M. **Recursos hídricos. Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos pós-Rio-92.** São Paulo: Estação Liberdade/Fundação Getúlio Vargas, 2002, v. 1, p. 265-281.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A.; SANCHES, J.; ALBUQUERQUE, F. Flow Regionalization in the Upper Paraguay River. **Hydrological Sciences Journal**, Oxford, Inglaterra, v. 40, n. 04, p. 485-497, 1995.

ZANI, H.; ASSINE, M. L.; SILVA, A.; CORRADINI, F.A. Redes de drenagem distributária e formas deposicionais no megaleque do Taquari, Pantanal: uma análise baseada no MDE-SRTM. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 10, p. 21-28, 2009.

Data de submissão: 05.06.2011

Data de aceite: 22.06.2012

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.