

Efeito cumulativo das barragens no Pantanal



Pierre Girard
Instituto Centro Vida
Campo Grande – MS - 2002

Mobilização para conservação das
Áreas Úmidas
Do Pantanal e Bacia do Araguaia



RESUMO

As áreas úmidas do Pantanal se localizam em uma ampla depressão topográfica no coração do continente sul-americano. Até recentemente, pequenas barragens para irrigação, consumo de água ou produção de energia não eram consideradas ameaças para o ecossistema do Pantanal. No entanto, a preocupação é cada vez maior em relação aos impactos ecológicos cumulativos de muitas barragens ao longo do mesmo curso de água ou dentro da mesma bacia hidrográfica. O objetivo deste relatório é abordar algumas questões sobre os efeitos cumulativos das barragens existentes e previstas na Bacia do Alto Paraguai. Primeiramente, será feita uma recapitulação da literatura a respeito do Pantanal e da importância do regime de fluxo e cheias para esse bioma. Em seguida, será apresentada uma síntese dos impactos das barragens sobre os sistemas fluviais. Então, será estabelecido um índice para avaliação dos impactos cumulativos das barragens no Pantanal. Esse índice é, na realidade, uma matriz de vários índices. Inclui o número total de barragens e o tempo de permanência no reservatório, que está ligado ao impacto do reservatório sobre o regime de fluxo e cheias. Contém também a capacidade da barragem de modificar a descarga mínima e máxima do rio, o que está relacionado à perturbação de do regime de fluxo e cheias, um aspecto importante para a integridade do ecossistema. Além disso, abrange índices sobre se a barragem tem ou não capacidade de regular o fluxo e, finalmente, até que ponto a barragem poderá impedir a migração dos peixes. Essa matriz de índices é usada juntamente com os dados disponíveis para discutir possíveis impactos atuais e futuros sobre as barragens hidrelétricas no Pantanal. Os dados disponíveis indicam nove barragens operantes no momento, e impactos cumulativos pequenos ou inexistentes por enquanto. No entanto, cerca de 22 barragens serão construídas nos próximos anos, e quando todas estiverem em funcionamento, os dados sugerem que poderá haver impactos cumulativos no Pantanal, principalmente no que diz respeito à magnitude e à frequência da cheia anual. Os dados sugerem que o Pantanal do Correntes-Itiquira poderá sofrer os impactos cumulativos mais significativos, seguidos pelos pantanais do Cuiabá e do Jauru-Paraguai. Enfim, serão apresentados três cenários de desenvolvimento de energia elétrica e seus impactos cumulativos sobre o Pantanal serão discutidos. O cenário no qual não há mudanças na produção hidrelétrica prevista produz os mais altos índices na previsão de impactos cumulativos sobre o Pantanal. O cenário no qual as barragens são menores produz índices um tanto mais baixos, o que leva à conclusão de que os impactos cumulativos serão menores do que no

cenário anterior. Finalmente, o cenário que consiste em duplicar, em vez de triplicar, a produção hidrelétrica no futuro próximo, resulta nos índices mais baixos, indicando assim os menores impactos cumulativos sobre o Pantanal. Esta é certamente a melhor das três alternativas para conservar a integridade do ecossistema do Pantanal.

INTRODUÇÃO

As áreas úmidas do Pantanal se localizam em uma ampla e rasa depressão no coração do continente sul-americano, na Bacia do Alto Paraguai, ao sul da Bacia Amazônica e a leste dos Andes. Anualmente, o alto rio Paraguai e seus afluentes transbordam e inundam sazonalmente uma área de mais de 150 000 km². Apesar do amplo desenvolvimento econômico recente em seu bojo, o Pantanal ainda conserva muito do seu estado natural. Sua integridade ecológica está intimamente ligada à saúde da sua área de captação (Da Silva, 2000). Os nativos já moravam na área e usavam os recursos naturais antes das primeiras colonizações européias nessa região (Oliveira, 1999). Há mais de 200 anos, os europeus introduziram a pecuária no Pantanal. Os pecuaristas e as comunidades tradicionais faziam uso do Pantanal através da derrubada de savanas e florestas, da pesca, usando os rios como corredores de transporte, fazendo a mineração do ouro e praticando a agricultura. O uso moderno do ambiente do Pantanal, entretanto, produziu amplos distúrbios ambientais que ameaçam o tecido ecológico na forma de poluição através do mercúrio, aumento do desflorestamento, e nas altas cargas de sedimentos carregados e depositados pelos rios. Uma nova ameaça, a modificação da cheia sazonal fundamental pelas obras de engenharia também é uma ameaça à conservação do estado natural do Pantanal (Da Silva & Girard, no prelo; Gottgens et al. 2001). Essa ameaça está centrada na mudança do ciclo da cheia anual na região rio/planície de inundação através da construção de melhorias de navegação das vias fluviais e grandes barragens.

Até recentemente, pequenas barragens para irrigação, consumo de água ou produção de energia não eram consideradas ameaças para o ecossistema do Pantanal. No entanto, a preocupação é cada vez maior em relação aos impactos ecológicos cumulativos de muitas barragens ao longo do mesmo curso d'água ou dentro da mesma bacia hidrográfica (WCD, 2000). Impactos cumulativos já foram observados em várias bacias, como a bacia do mar de Aral (Anderson, 1997), o rio Murray na Austrália (Crabb, 1997) e o rio Colúmbia nos EUA (Eley e Watkins, 1991; Ortolano e Cushing, 2000), por exemplo. Na Bacia do Alto Paraguai, até hoje, apenas uma grande barragem foi construída, a APM-Manso, que é um projeto com múltiplas finalidades,

principalmente o controle das cheias e a produção de eletricidade. Há, também, várias outras barragens de pequeno porte para a geração de energia já em operação, ou que entrarão em operação nos próximos anos em muitos dos cursos de água da Bacia do Alto Paraguai. Enfim, há inúmeras barragens de pequeno porte construídas em rios de primeira a segunda ordem com vistas à irrigação e ao suprimento das necessidades pecuárias.

O objetivo deste relatório é abordar algumas questões sobre os efeitos cumulativos das barragens existentes e previstas na Bacia do Alto Paraguai. Para tanto, responderemos à questão de por que e como a perturbação do fluxo natural de muitos rios que formam o Pantanal constitui um impacto ecológico nestas vastas áreas úmidas. Em segundo lugar, explicaremos como as barragens interferem no fluxo natural das correntes e quais são os impactos ecológicos dessa interferência. O próximo passo é a elaboração de um índice para avaliar os efeitos cumulativos das barragens sobre o Pantanal. É claro que todos os dados disponíveis sobre barragens deveriam ser usados para avaliar até que ponto há impactos cumulativos resultantes de barragens no Pantanal. Infelizmente, não existe tal banco de dados. Entretanto, há um banco de dados parcial sobre barragens usadas para geração de energia na Bacia do Alto Paraguai, o qual é usado para discutir a possível extensão dos impactos cumulativos das barragens sobre o Pantanal. Os mesmos dados serão, pois, usados para discutir os impactos cumulativos das barragens sobre o Pantanal para 3 cenários de desenvolvimento nos próximos anos.

O PANTANAL E O PULSO DAS CHEIAS

A despeito dos quase 250 anos de uso na agricultura, o Pantanal ainda conserva muito do seu estado natural. As atividades agrícolas de baixa intensidade aliadas à amplitude da planície inundável, à localização remota e à dificuldade de acesso mantiveram uma boa parte da integridade ecológica do Pantanal intacta. Além disso, são fonte de preocupação os intensos desenvolvimentos econômicos recentes na bacia do Pantanal, principalmente os desenvolvimentos agrícolas intensos. De acordo com uma avaliação de conservação do World Wildlife Fund (Fundo Mundial para a Vida Selvagem) e do Programa de Suporte à Biodiversidade (Biodiversity Support Program, 1995), o Pantanal é "globalmente notável" (classificação 1 de 4) em termos de variabilidade biológica, "vulnerável" (classificação 3 de 5) em termos de conservação, e tem "mais alta prioridade" (classificação 1 de 4) em prioridades regionais para ação conservatória. Algumas áreas do Pantanal também foram designadas como locais de Preservação Nacional (pelo

IBAMA, a agência ambiental federal do Brasil) e cerca de 24 milhões de hectares do Pantanal foram declarados pela UNESCO como Reserva Biosférica, transformando-o na terceira maior área desse tipo no mundo.

O Pantanal se localiza na bacia superior do rio Paraguai, um dos principais afluentes do rio Paraná. O Alto Paraguai drena uma área de aproximadamente 500.000 km², dos quais dois terços se localizam nos estados brasileiros do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul. Com base na elevação, a Bacia do Alto Paraguai pode ser subdividida em três unidades fisiográficas. Em primeiro lugar, o “planalto” ou “platô” (250 a 750 m acima do nível do mar) é a região da nascente, uma planície levemente ondulada. Sua vegetação é caracterizada pela savana aberta, localmente denominada cerrado. O uso predominante da terra é para a agricultura, principalmente para cultura em fileiras e pecuária. Em segundo lugar há a "depressão", que ocorre em altitudes entre 180 e 250 m. Essa é uma pequena região com inclinações geralmente íngremes cobertas por uma densa floresta localmente denominada cerradão. A última unidade é o “Pantanal”, que varia de 150 a 180 m. É uma planície de baixo relevo, com cerca de metade da extensão do planalto, com um gradiente hidráulico menor que 15 cm por quilômetro. Vários rios, o Juruá, o Paraguai, o Bento Gomes, o Cuiabá, o São Lourenço, o Itiquira, o Correntes, o Piquiri, o Taquari, o Negro, o Aquidauana e o Miranda cortam essa vasta planície. Essa complexa rede hidrográfica fluvial, em conjunção com uma ampla gama de diferentes tipos de solo, acarreta uma paisagem heterogênea.

O clima do Pantanal é quente e semi-árido, com uma estação seca bem definida de maio a setembro e uma estação chuvosa de outubro a abril. A temperatura média mensal nas proximidades do limite norte do Pantanal na cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, varia entre 27,4° C em dezembro e 21,4° C em julho. Ocasionalmente, a chegada de massas de ar polares no inverno pode fazer com que a temperatura caia a 0° C.

O índice pluviométrico anual cai de 1.250 mm no norte do Pantanal, nas proximidades de Cáceres, para 1.089 mm no sul, próximo a Corumbá. A umidade média mensal do ar varia no norte do Pantanal de 84% durante a estação chuvosa a menos de 60% em junho e julho, durante o final da estação seca, quando a planície inundável está seca (Tarifa, 1986). A evaporação ultrapassa a precipitação durante a estação seca, e algumas vezes, durante alguns meses na estação úmida. As taxas de evaporação e transpiração juntas podem chegar a de 1.100 a 1.400 mm por ano (Ponce, 1995). Conseqüentemente, uma grande quantidade de água transportada do rio Paraguai e seus afluentes para o Pantanal retorna à atmosfera. Uma evaporação tão alta reduz o calor e a aridez na área.

A característica mais marcante do Pantanal é o regime anual de cheias. É basicamente uma imensa superfície ligeiramente inclinada que recebe a descarga de uma bacia hidrográfica no planalto. Esse planalto é duas vezes maior que a planície inundável. Esta libera lentamente a vazão recebida do planalto através de um único canal rio abaixo, o rio Paraguai (Ponce, 1995). Na estação seca, o Pantanal parece uma savana plana, interrompido por florestas em galeria, mangues e pântanos com arbustos. Na estação úmida, parece um lago raso. A inundação anual é causada pela falta de um desnível acentuado entre os rios e a planície inundável. Durante a estação chuvosa, o volume de escoamento produzido ultrapassa a capacidade dos rios de planície o que provoca a inundação de extensas áreas da Bacia do Pantanal. (Carvalho, 1986). Os afloramentos rochosos ao longo do Paraguai reduzem ainda mais a capacidade do rio Paraguai e seus afluentes de drenar as águas da cheia. O pulso anual da cheia é monomodal, mas com variações temporais e espaciais (Penha et al. 1999).

Muitos estudos revelaram que o conceito de pulso da cheia (Junk et al, 1989) descreve melhor a ecologia do Pantanal. De acordo com esse conceito, a diversidade biológica e a produtividade desse ecossistema são uma função da cheia anual. O processo de alternância da fase terrestre durante as fases aquática e de águas baixas, quando a região está inundada, promove uma rápida circulação de energia e nutrientes dentro do sistema. Como em muitas extensas planícies inundáveis, a inundação também cria uma variedade de ambientes aquáticos como canal principal, águas paradas, meandros isolados e lagos que são conectados durante a cheia e podem ficar isolados durante a fase terrestre. Também, a qualidade e a quantidade do escoamento nas conexões entre os vários corpos d'água são uma função da descarga e do nível do canal principal. Algumas dessas regiões alagadas estão permanentemente ligadas ao canal principal, ao passo que algumas outras o ficam apenas durante alguns meses por ano, e outras ainda apenas quando ocorrem grandes cheias. Essa variabilidade na conectividade produz uma variedade de habitats, que dão suporte a uma ampla biodiversidade.

Embora as cheias ocorram anualmente, sua amplitude é modulada por eventos climáticos de longo prazo. Durante o último século, houve três períodos de seca marcantes, quando o índice pluviométrico médio sobre a Bacia do Alto Paraguai sofreu sensível redução. O primeiro deles ocorreu na década de 1920, o segundo durante a década de 1930, e o terceiro na década de 1960. Os dois primeiros duraram menos de cinco anos, ao passo que o da década de 1960 durou cerca de 12 anos, terminando em 1973. A redução na amplitude da cheia correspondeu a uma redução na área inundada e na extensão dos lagos. A biodiversidade no Pantanal também é uma função

dessas variações interanuais na amplitude das cheias, uma vez que algumas espécies arbóreas, por exemplo, germinam e florescem apenas quando ocorre uma grande cheia seguida de uma seqüência de cheias menores.

Hamilton et al. (1996) e PCBAP (1997) também mostraram que a extensão da cheia no Pantanal pode estar relacionada ao nível do rio em Ladário, uma cidade localizada no rio Paraguai, no meio de seu curso dentro da planície inundável. Embora relações numéricas não tenham sido expressas, o mesmo pode ser observado empiricamente em muitos outros contribuintes do Pantanal. Nos anos secos, quando são registrados níveis mais baixos, a extensão da inundação e sua duração, bem como a conectividade, são menores que durante os anos úmidos, quando ocorrem grandes cheias.

BARRAGENS E ECOLOGIA FLUVIAL

Barragens

Barragens são estruturas cujo objetivo é conter o fluxo de um rio. Quando uma barragem é construída, a água que fica fora da barragem sobe e inunda o terreno atrás da barragem que estiver em uma elevação mais baixa que a comporta da barragem. Represa é um termo geral para a região alagada, a despeito do seu tamanho, formada ao se construírem barragens em um rio. As barragens podem, de forma simplificada, ser agrupadas em duas categorias principais: barragens do tipo com reservatório e barragens a fio d'água. Os projetos de reservatório represam água atrás da barragem para armazenamento sazonal, anual e, em alguns casos, plurianual do fluxo do rio. As barragens "a fio d'água" (represas e diques, barragens de desvio) mantêm o rio numa determinada cota. Essa classificação geral abrange uma diversidade considerável no projeto e na escala, e, conseqüentemente, no impacto sobre o fluxo dos rios. No que diz respeito à condição do fluxo, as barragens "a fio d'água" armazenam água atrás delas, e não permitem o controle das descargas do rio. Nesse caso, geralmente, a qualquer momento, o que entra na represa sai, e o nível da água atrás da barragem é unicamente uma função da descarga natural do rio. As barragens de reservatório geralmente são projetadas para regular o fluxo de um rio. Assim, podem reduzir artificialmente o fluxo natural e o acúmulo de água (o nível de água na represa sobe) ou aumentar a descarga e a liberação de água (o nível de água na represa cai). As barragens são construídas visando a vários fins: os mais comuns são a irrigação, a geração de energia hidrelétrica, o fornecimento de água, o controle das cheias e as barragens com múltiplos fins, cujo propósito é atingir vários dos precedentes (WCD, 2000).

Impactos sobre o ecossistema fluvial

A WCD -World Commission on Dams - (Comissão Mundial sobre Barragens - 2000) relaciona vários grupos de maior impacto das barragens em ecossistemas fluviais:

- impactos sobre ecossistemas terrestres, principalmente no lado rio localizado acima das barragens;
- emissão de gases de efeito estufa associada a amplos projetos de barragem e sua represa;
- impactos causando alteração dos fluxos da corrente aquática em ecossistemas aquáticos e biodiversidade;
- impactos causando alteração no ciclo natural do fluxo rio abaixo em planícies inundáveis;
- impactos das barragens sobre as áreas de piscicultura rio acima, na represa e rio abaixo;
- impactos cumulativos das barragens sobre um sistema fluvial.

Os dois primeiros grupos estão relacionados ao enchimento da represa e ocorrem rio acima das barragens. Uma vez que a maior parte das barragens na Bacia do Alto Paraguai se localiza fora da área do Pantanal em si (ficam rio acima no Pantanal), levaremos em consideração apenas impactos cumulativos rio abaixo.

Como a WCD leva em conta, principalmente impactos sobre amplas barragens de reservatório, as obras "Princípios de Barragens e Ecossistemas Fluviais", bem como "Estado Ecológico e Tendências do Sistema do Alto Mississipi", foram usadas para complementar esta descrição dos impactos das barragens sobre os sistemas fluviais. O primeiro faz parte de um trabalho do Instituto para Estudos Ambientais (Institute for Environmental Studies - www.ies.wisc.edu/research/wrm00/), e o último é um relatório da USGS (1999) que trata principalmente dos impactos das barragens de normalização da vazão dos rios.

Impactos sobre os fluxos rio abaixo, ecossistemas aquáticos e biodiversidade

A condição da vazão de um rio, a carga e a composição dos sedimentos, a forma e o material do canal são fatores que exercem controle sobre os habitats e as espécies. São uma função não apenas da descarga da corrente principal, mas também do fluxo natural mínimo e máximo, que determinam a integridade do ecossistema.

Portanto, os regimes de fluxo são determinantes para os ecossistemas fluviais. Não deve ser levada em conta apenas a magnitude da descarga, mas também sua frequência. Fatores tais como a duração das cheias e das secas e

sua sazonalidade são críticos para a manutenção das comunidades vivas, e até mesmo dos habitats. A operação de amplas barragens como a APM-Manso geralmente mantém a descarga média de um rio, mas altera a descarga mínima e máxima para valores pré-estabelecidos. Além disso, a operação pode causar variações de curto prazo que são maiores que as esperadas naturalmente, além de diminuir a biodiversidade, como aconteceu, por exemplo, no rio Colorado. As barragens “fio d’água” não exercem tanto controle sobre a descarga; e embora em alguns casos a barragem seja mais alta que o nível do rio durante a seca, pode diminuir os fluxos mínimos. No entanto, esse tipo de barragem atrasa o pico da cheia, principalmente quando há mais do que uma barragem no mesmo rio. A modificação no regime de fluxo também pode afetar a vegetação ao longo do curso dos rios. A cobertura vegetal também poderá mudar, e as plantas aquáticas poderão invadir os rios quando o fluxo se normalizar. O movimento lateral dos mamíferos, répteis e anfíbios também está ligado ao regime das cheias, e a perturbação da condição do fluxo afetará essas migrações laterais (Da Silva e Girard, no prelo).

Como o fluxo é retardado atrás das barragens, a temperatura muda e nutrientes e sedimentos são retidos. Se a represa for rasa, a temperatura nos rios da Bacia do Alto Paraguai tenderá a subir, e, conseqüentemente, o conteúdo de oxigênio dissolvido poderá diminuir. Em reservatórios profundos, como o Manso, a água no fundo poderá ser muito mais fria que a água que chega. A mudança de temperatura na represa poderá afetar a temperatura rio abaixo. A World Commission on Dams (2000) relata que esse efeito tem causado diminuição na abundância de espécies no rio Colorado.

Os sedimentos são importantes para moldar a morfologia dos sistemas fluviais. Os rios naturalmente se desenvolvem e mudam sua forma através da erosão, do transporte e da deposição de sedimentos. O movimento dos sedimentos nos rios e em seus vales determina o curso do rio, a forma do fundo do canal e os materiais que formam o leito do rio. Esses fatores influenciam os tipos de hábitat de vida selvagem e o hábitat disponível no sistema fluvial. Uma das funções mais importantes dos rios do ponto de vista biológico é o transporte de sedimentos e nutrientes (carbono) em uma bacia hidrográfica (www.ies.wisc.edu/research/wrm00/educmorph.htm).

Quando uma barragem represa um sistema fluvial, a área que é inundada atrás da barragem não tem mais a morfologia do canal do rio. Em vez disso, essa parte do rio assume a morfologia de uma represa ou lago. Quando um rio em livre curso se encontra com a represa atrás de uma barragem, o fluxo do rio fica consideravelmente mais lento. O rio usa a energia do seu fluxo para carregar sedimentos na água, de maneira que o fluxo quase pára na represa, fazendo com que lodo, areia e cascalho se depositem no fundo da represa. O

aluvião mais fino e a argila suspensas na água são carregadas para dentro da represa e através da barragem. Restos de madeira, tais como ramos, são coletados na represa atrás da barragem. Esse processo tem como resultado o acúmulo de uma grande quantidade de sedimentos na represa, e, conseqüentemente, o rio abaixo da barragem fica "faminto" por sedimentos e restos de madeira. Esses sedimentos carregam nutrientes vitais à produção de alimentos para a biota do rio, e os restos de madeira fornecem um hábitat para a biota.

Um dos impactos mais amplamente reconhecidos das barragens é a migração de organismos ao longo da extensão do canal. Vários estudos revelam que amplas barragens impedem a migração reprodutiva de algumas espécies de peixe, sendo que ou sua abundância diminuiu, ou elas foram até mesmo extintas. No caso do Alto Mississipi, onde toda uma gama de barragens "fio d'água" foi construída para fins de navegação, as barragens também estão limitando o movimento longitudinal dos peixes, colocando em risco pelo menos uma espécie (o esturjão branco). Atualmente, outras espécies estão presentes apenas na região baixa do Alto Mississipi.

Impactos sobre o ciclo natural das cheias nas planícies inundáveis

A modificação do regime de fluxo pelas barragens leva à redução da inundação rio abaixo tanto em relação ao espaço quanto ao tempo. Muitas espécies em planícies inundáveis estão adaptadas às cheias anuais. As florestas riparianas, por exemplo, estão adaptadas a várzeas recarregadas anualmente pelas cheias, conforme foi observado no Pantanal (Girard et al, submetido). A estrutura comunitária e populacional da floresta ripariana depende, portanto, dos padrões espaciais e temporais das cheias. Por exemplo, as florestas de eucaliptos na planície inundável de Murray, na Austrália, dependem de cheias periódicas para a germinação de sementes. O represamento de nascentes diminuiu a regeneração da vegetação (Walker, 1979). No Pantanal o mesmo parece acontecer com as espécies de *Vochysia*. As baixas barragens "fio d'água" no Mississipi também parecem contribuir com o declínio da floresta ripariana.

Grandes barragens e, como no caso do Mississipi, uma série de pequenas barragens "fio d'água" reduz os picos das cheias. Um dos impactos mais importantes da redução dos picos de inundação é a queda na conectividade entre o canal principal e as águas da planície de inundação, o que acarreta vários impactos diversos, como declínio na abundância dos peixes e outros impactos anteriormente mencionados na seção precedente.

O principal impacto esperado da redução dos picos de inundação é a diminuição da área da planície inundável submetida à alternância anual das

fases terrestre e aquática pelo pulso das cheias. Em condições naturais, essa mudança promove uma rápida circulação de nutrientes (Junk et al., 1989). Durante a fase terrestre, a maior parte dos nutrientes móveis é retida pela vegetação terrestre. Quando a cheia vem, a maior parte das herbáceas terrestres morre, decompõe-se e seus nutrientes são disponibilizados e rapidamente utilizados pela vegetação aquática em crescimento. Ao final da cheia, a vegetação aquática se decompõe e outros organismos podem usar esses nutrientes livres. Durante a seca, várias regiões alagadas são isoladas do canal principal. Sua concentração de nutrientes aumenta e eles tendem a se tornar eutróficos. Durante a cheia, são estabelecidas conexões entre esses corpos e as águas de fluxo livre, o que faz com que os níveis de nutrientes caiam novamente. Como foi dito anteriormente, a cheia também promove migração lateral de animais que dependem da água para a planície inundável, onde podem servir-se de fontes de alimento abundantes e diversas. Quando a água reflui, os animais e nutrientes retornam ao canal principal. Esse ciclo mantém uma alta produtividade, abundância e diversidade nas planícies inundáveis. Áreas que se tornam permanentemente secas como resultado de picos de inundação mais baixos não passam mais por esse ciclo, perdendo assim sua produtividade, tal ocorreu nas planícies inundáveis dos rios regulados tais o Nilo, Níger e Mississipi.

Impactos cumulativos das barragens sobre um sistema fluvial

O efeito das barragens é isolar, parcial ou totalmente, o trecho de um rio de outro. Conforme o número de barragens em uma única bacia hidrográfica aumenta, o mesmo acontece com a fragmentação do ecossistema fluvial. Embora pouco estudados, os impactos sobre os regimes de fluxo e o transporte de sedimentos, bem como sobre a composição das espécies, sua abundância e a integridade do habitat também aumentou. Uma vez que mais barragens são construídas em um único rio ou sistema fluvial, os impactos aumentam. Na África do Sul, por exemplo, uma série de 24 barragens no Orange-Vaal alterou completamente a temperatura de mais de 63% do alcance do rio. No rio Colúmbia, cada barragem diminui de 5 a 14% a abundância do salmão que sobe os rios (Eley e Watkins, 1991). Como há oito barragens no rio, o efeito cumulativo atinge cerca de 40% dos salmões adultos durante sua migração rio acima.

EM BUSCA DE UM ÍNDICE PARA AVALIAR QUANTITATIVAMENTE OS IMPACTOS CUMULATIVOS DAS BARRAGENS NO PANTANAL

O fato de as barragens virem ou não a ter um impacto cumulativo sobre o Pantanal depende basicamente de dois fatores: a magnitude do impacto de cada barragem e a transmissão eficiente desse impacto rio abaixo para a próxima barragem ou para o Pantanal. Por exemplo, no caso teórico de uma barragem de impacto zero, nenhum impacto é transmitido à próxima barragem ou ao Pantanal. A transmissão de grandes impactos será somada para produzir impactos maiores no geral do que a soma de pequenos impactos. Além disso, alguns impactos, como a mudança de temperatura e o conteúdo de gás dissolvido modificado podem desaparecer quando a água do rio voltar ao seu estado "natural" antes de chegar à próxima barragem ou ao Pantanal. No entanto, alguns impactos, como a diminuição das cargas de sedimentos e nutrientes, ou a alteração da descarga do rio, serão transmitidos rio abaixo a despeito da distância. Assim, avaliar os impactos cumulativos das barragens sobre a maioria das propriedades físicas requer estudos de campo fora do escopo deste relatório.

A seção anterior sobre o Pantanal e o pulso das cheias mostra que a modificação no regime das cheias é uma das maiores ameaças à integridade ecológica do Pantanal. A pesquisa na literatura sobre Barragens e Ecologia Fluvial também mostra que muitos impactos ocorrem como resultado direto da modificação do regime de fluxo do rio. Um grande impacto que não está relacionado à perturbação do fluxo e do regime de cheias é o bloqueio da migração dos peixes pelas barragens.

O EPA dos EUA usa o volume da represa atrás da barragem como um índice de impacto da barragem na integridade da bacia hidrográfica (www.epa.gov/surf2/iwi/pro.html). Quanto maior a represa, maior a capacidade de modificar o fluxo da corrente, reter sedimentos e nutrientes. Além disso, maiores represas implicarão em atraso mais longo da cheia e dissipação das ondas de cheia. Da mesma forma, pode-se deduzir que o tamanho da represa está relacionado à descarga do rio, ou a por quanto tempo uma represa pode retardar uma variação natural na descarga da corrente. Através do volume da represa (V) e da descarga do rio (Q), o tempo médio de residência (T) da água na represa pode ser calculado da seguinte maneira:

$$T = V/Q$$

Um tempo médio de residência pequeno indica impactos potenciais menores enquanto um grande tempo residência médio sugere impactos potenciais maiores.

Os diversos tipos de barragem afetarão o fluxo da corrente diferentemente. Com barragens “fio d’água”, a descarga média mensal não deverá depender do tamanho da represa. No caso de grandes rios como o Cuiabá e o Paraguai, a descarga anual máxima e mínima é praticamente igual à média mensal máxima e mínima, respectivamente. Pelo contrário, nas barragens do tipo de reservatório, o fluxo máximo e mínimo não depende de variações naturais na descarga, pois é controlado pelos operadores da barragem. Além do mais, essas barragens podem causar sérias variações de descarga de mês para mês, e mesmo de dia para dia, que serão produzidas pela normalização da vazão dos rios. Finalmente, a altura de uma barragem pode ser considerada o único fator mais importante no impedimento da migração dos peixes. Maiores volumes não significam necessariamente barragens mais altas.

Propomos uma matriz de índices para a avaliação individual de impactos de represas na corrente de um rio. Ela é composta pelos seguintes elementos:

Tabela 1. Índice matriz de impactos em rios de represas particulares.

Elementos	Unidades
<i>Modificação no regime de vazão e inundação</i>	
Tempo médio de residência	Tempo em segundos, dias, semanas ou meses (calculados a partir do volume represado e o escoamento natural médio do rio antes da represa)
Modificação de fluxo mínimo	Sim ou Não
Modificação de fluxo máximo	Sim ou Não
Tipo de represa	“Fio d’água” ou reservatório
<i>Migração de Peixes</i>	
Altura da represa	Altura em metros

O próximo passo em direção à avaliação do impacto cumulativo é o de verificar a possibilidade de impactos serem adicionados. Modelos de escoamento superficial são melhores para se estimar como uma perturbação no regime das correntes será transmitida corrente abaixo. Modelos para o transporte de nutrientes e sedimentos teriam a mesma função para perturbações nestas variáveis. Para o caso de migração, estudos de campo serão necessários para monitorar a mobilidade de espécies migratórias por várias represas. Todos esses estudos estão fora do "foco" deste trabalho.

No entanto, baseado em discussões anteriores, pode-se postular que os impactos se acumularão a jusante de uma barragem como uma função do número total de represas e soma do impacto de cada represa. Isso significa que a adição de alguns grandes impactos será provavelmente equivalente ou maior a vários impactos menores. Assim, os impactos cumulativos das represas no Pantanal podem ser avaliados por bacia de drenagem adicionando-se os impactos em represas a montante do Pantanal. A matriz dos índices de impacto cumulativos para cada bacia adotará então este formato (Bacia do Paraguai usada como exemplo):

Tabela 2. Índice matriz de impactos cumulativos de represas em base por bacia.

Bacia	Tempo residência de escoamento médio (unidade coerente)	Modificação da descarga mínima (Sim = 1, Não = 0)	Modificação da descarga máxima (Sim = 1, Não = 0)	Tipo de Represa (reservatório = 1, Fluxo do rio = 0)	Altura da Represa (m)
Paraguai					
Represa 1					
...					
Represa n					
Número de represas na bacia	Soma dos números acima	Soma dos números acima	Soma dos números acima	Soma dos números acima	Média dos números acima

A partir destes impactos cumulativos um índice matriz pode ser construído para o Pantanal. Cada bacia é definida pela área de drenagem e rede hidrográfica do correspondente rio a partir de sua entrada na planície inundada do Pantanal:

Tabela 3. Índice matriz de impactos cumulativos de represas no Pantanal.

Índice da Bacia	Número de represas	Tempo residência de escoamento médio (unidade coerente)	Modificação Mínima do fluxo	Modificação Máxima do fluxo	Tipo de Represa	Altura da Represa (m)
Jauru						
Paraguai						
Cuiabá						
São Lourenço						
Itiquira						
Correntes						
Piquiri						
Taquari						
Negro						
Aquidauana						
Miranda						
Índice Pantanal	Soma dos números acima	Soma dos números acima	Soma dos números acima	Soma dos números acima	Soma dos números acima	Média dos números acima

Em princípio, cada linha desta matriz representa o tamanho do potencial para impactos cumulativos dentro da bacia em questão. Quanto maior o número em cada coluna, maior pode ser o impacto cumulativo. A mesma regra se aplica para o índice do Pantanal. Esta matriz permite uma comparação entre bacias e uma estimativa de impactos cumulativos no Pantanal. Como mencionado antes, somente modelando-se os regimes hidrológicos e sedimentológicos podem realmente prever e medir os impactos cumulativos.

O uso de índices pode somente fornecer uma idéia se os impactos cumulativos são possíveis e o tamanho deles.

REPRESAS NA BACIA DO ALTO PARAGUAI

Dados sobre represas não são de fácil acesso. Represas para pequenos suprimentos de água e para irrigação eram e são construídas dentro de fazendas por toda a planície ao redor do Pantanal. Até onde sabemos, não há qualquer agência do governo ou organizações privadas que compilem esse tipo de informações. A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) oferece fácil acesso on-line aos dados, sobre represas hidrelétricas, apresentados neste trabalho. No entanto, a informação acessível não preenche as informações necessárias para se construir as matrizes e índices apresentados. Os dados disponíveis serão discutidos neste. Dados mais completos sobre represas construídas para geração de energia foram solicitados por agências do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e serão discutidas quando disponíveis.

Muitos rios invadem a planície aluvial do Pantanal. Todas as represas são construídas na área de planície ao redor da planície aluvial. Assim os impactos cumulativos no Pantanal se originarão nas bacias de importantes rios invadindo a planície aluvial. A próxima tabela fornece uma idéia melhor da contribuição de cada um desses rios:

Tabela 4. Escoamento dos mais importantes rios no Pantanal

Mais importantes Rios do Pantanal	Escoamento médio no ponto de entrada dentro do Pantanal (m³/s)*
Paraguai	482
Cuiabá	386
São Lourenço	344
Taquari	322
Aquidauana	128
Miranda	101
Jauru	98
Negro	86
Itiquira	76
Correntes	68
Piquiri	27

* Dados fornecidos pelo PCBAP (1997)

O escoamento do Paraguai, Cuiabá e São Lourenço totalizam mais de 50% do volume de água fornecido dentro da planície aluvial.

Os dados disponíveis sobre represas foram agrupados por bacia e podem ser visualizados na tabela 5. Como pode ser visto, existem dados de um total de 31 represas e de acordo com as informações atuais (o último relatório da ANEEL data de 25/05/2002) somente 9 delas estão em operação. A área o volume represado não está disponível, mas a energia produzida pode ser usada como um indicador deste tamanho. Das represas em operação, somente a APM-Manso é uma represa grande porte (energia ≥ 100 MW) do tipo reservatório. Há duas represas de tamanho médio ($100 \text{ MW} > \text{energia} > 30 \text{ MW}$), chamadas de Juba I e II e as outras 6 remanescentes são pequenas represas (energia ≤ 30 MW). Existem quatro represas na bacia do Paraguai, duas de tamanho médio e duas pequenas. Todas estão localizadas na parte superior da bacia. Há três represas na bacia do Cuiabá, uma grande e duas pequenas. E, por final, há uma represa na bacia do Jauru e uma na bacia do Taquari, ambas pequenas.

Atualmente, a possibilidade de impactos cumulativos no Pantanal causados pelas represas em operação é bem remota. Primeiramente há somente um pequeno número de represas em operação. A maioria delas são pequenas e localizadas na parte superior das bacias. Os impactos cumulativos da represa Casca II na represa de Manso são possíveis. No entanto, dado o alto represamento corrente acima do APM-Manso, é possível especular que a Casca II não faz uma grande diferença no impacto no Pantanal que a APM-Manso está causando ou causará.

Entretanto, em poucos anos podemos esperar que o número de represas em operação suba de 9 para 31, um aumento de três vezes o número atual. A falta de dados nos faz especular a grandeza dos impactos cumulativos. Haverá quatro grandes represas, três de tamanho médio e 24 pequenas. Os números de represas operantes em cada uma das planícies aluviais contribuintes aumentarão significativamente. Haverá 3 na bacia do Correntes, 5 na bacia do Cuiabá, 1 na bacia do Itiquira, 6 na bacia do Jauru, 11 na bacia do Paraguai, 4 na bacia do São Lourenço e 1 na do Taquari. Note que todas as represas na bacia do Jauru serão no Rio Jauru e possíveis impactos cumulativos neste rio estão para ser estudados mais de perto. O Jauru encontra o rio Paraguai a mais ou menos 50 km corrente abaixo de Cáceres. Mesmo sendo esperado que a maioria das represas no rio Paraguai sejam pequenas, é possível prever os impactos dos rios Jauru e Paraguai se juntando. Igualmente, os projetos de represas no São Lourenço são pequenos em termos de energia, mas se os

impactos cumulativos forem transferidos para planície aluvial do Pantanal, com certeza se unirão com os impactos do Manso no Rio Cuiabá.

O número de represas grandes aumentará para 4, e duas dessas serão fechadas pelas chamadas Represa Ponte de Pedra no Rio Correntes e Represa Itiquira no Rio Itiquira. Os impactos cumulativos são esperados na confluência do Correntes com o Itiquira dentro da planície aluvial do Pantanal.

Tabela 5. Dados disponíveis sobre represas de geração de energia (ANEEL)

Bacia	Rio	Municipalidade	Nome da Represa	Status	Energia (MW)	Área Inundada (km ²)
Correntes	Correntes	Itiquira/Sonora	Taboca	Estudo Viável	34	-
Correntes	Correntes	Aquarius	Itiquira/Sonora	Sob Análise	5	-
Correntes	Correntes	Itiquira/Sonora	Ponte de Pedra	Projeto Aprovado	176	-
Cuiabá	Casca	Chapada dos Guimarães	Casca II	Em Operação	3,52	-
Cuiabá	Casca	Chapada dos Guimarães	Casca III	Em Operação	12,42	0,35
Cuiabá	Manso	Chapada dos Guimarães Rosário Oeste	APM Manso	Em Operação	210	-
Cuiabá	Córrego Caeté	Santo Antônio de Leverger	Caeté	Projeto Aprovado	4,4	-
Cuiabá	Ribeirão Recreio	Santo Antônio de Leverger	São Judas Tadeu	Projeto Aprovado	3,2	-
Itiquira	Itiquira	Itiquira	Itiquira	Projeto Aprovado	156	-
Jauru	Jauru	Jauru/Figueirópolis	Figueirópolis	Em Operação	11	-
Jauru	Jauru	Arapuntanga/Jauru	Ombreiras	Projeto Aprovado	15	-
Jauru	Jauru	Indiavaí/Jauru	Indiavaí	Projeto	28	-

Bacia	Rio	Municipalidade	Nome da Represa	Status	Energia (MW)	Área Inundada (km2)
				Autorizado		
Jauru	Jauru	Jauru/Indiavaí/Figueirópolis	Salto	Projeto Autorizado	15,9	-
Jauru	Jauru	Arapuntanga	Alto Jauru	Projeto Aprovado	20,2	-
Jauru	Jauru	Indiavaí/Jauru	Jauru	Projeto Aprovado	110	-
Paraguai	Santana	Nortelândia	Camargo Corrêa	Projeto Aprovado	1,2	-
Paraguai	Paraguai	Alto Paraguai	Marumbi	Em Operação	1,68	-
Paraguai	Santana	Nortelândia	PCH Nova Jaguariva	Em Operação	0,1	-
Paraguai	Juba	Tangará da Serra	Juba I	Em Operação	42	0,82
Paraguai	Juba	Tangará da Serra	Juba II	Em Operação	42	2,5
Paraguai	Sepotuba	Tangará da Serra	Salto das Nuvens	Projeto Aprovado	20	-
Paraguai	Juba	Tangará da Serra/Barra dos Bugres	Juba III	Projeto Aprovado	19,4	-
Paraguai	Juba	Tangará da Serra/Barra dos Bugres	Juba IV	Projeto Aprovado	7,4	-
Paraguai	Jubinha	Tangará da Serra/Bra dos Burgees	Jubinha I	Projeto Aprovado	11	-
Paraguai	Jubinha	Tangará da Serra/Barra dos Bugres	Jubinha II	Projeto Aprovado	16	-
Paraguai	Jubinha	Tangará da Serra/Barra dos Bugres	Jubinha III	Projeto Aprovado	4	-

Bacia	Rio	Municipalidade	Nome da Represa	Status	Energia (MW)	Área Inundada (km ²)
São Lourenço	São Lourenço	Juscimeira	Zé Fernando	Sob Análise	29,1	-
São Lourenço	Ribeirão da Ponte de Pedra	Rondonópolis	Engenheiro José Gelásio da Rocha	Sob Análise	23,7	-
São Lourenço	Ribeirão da Ponte de Pedra	Rondonópolis	João Basso	Sob Análise	12,2	-
São Lourenço	Ribeirão da Ponte de Pedra	Rondonópolis	Rondonópolis	Sob Análise	29,6	-
Taquari	Corredor do veado	Coxim	São José	Em Operação	0,4	-

CENÁRIOS PARA O FUTURO

A tabela 5 mostra a área inundada em 3 casos, Juba I e II e Casca III. Ambas as represas de Juba produzem 42 MW, mas em um caso há um represamento de 0.82 km² e no outro 2.5 km². A Casca III produz 12,42 MW mas o represamento é de apenas 0.35 km². Geração de energia não é a função de uma área inundada. Mesmo não se conhecendo a área total da APM-Manso (estimada a 387 km²), já se sabe que a proporção de energia produzida por área inundada é uma das menores do Brasil. No futuro, decisões para a construção de represas ineficazes, em termos de geração de energia por proporção de área inundada, ainda podem ser tomadas.

Neste capítulo propomos três cenários para o desenvolvimento de geração de energia. O primeiro é o “status quo” e considera a construção das represas propostas na tabela 5. No segundo cenário, chamado de “represas menores”, somente pequenas e médias barragens “fio d’água” são construídas, com exceção da barragem do Manso, enquanto as outras três grandes não o são. Elas são substituídas por um máximo de quatro pequenas e médias represas, com pelos menos uma pequena. A energia gerada continua a mesma. O terceiro cenário é denominado “energia inteligente”.

No momento, com 9 represas em operação, há 323 MW de energia hidrelétrica na região. Imaginando-se que todas as represas da tabela 5 sejam construídas, a produção total seria de 1064 MW, um aumento de mais de 300%. Imaginando que a região não necessite de toda essa eletricidade ou que possa contar com outros recursos de energia, as represas maiores seriam descartadas. Ainda assim, a energia hidrelétrica aumentaria para 622 MW, um aumento de quase duas vezes.

Para se construir os cenários, imaginamos que as represas grandes, exceto as do Manso, seriam mais eficientes em termos de MW por km² de área inundada. Seu tempo de permanência seria proporcional ao tempo de permanência da represa de Manso por um fator de 0,75 considerando-se que o tempo de permanência para o Manso é de aproximadamente um ano, ou mais ou menos o tempo que levou para encher este reservatório. O tempo de permanência é entendido como uma função linear de energia. Imagina-se que as grandes represas seriam do tipo reservatórios e afetariam o escoamento mínimo e máximo. Elas também impediriam a migração de peixes (para base de cálculo, a migração bloqueada e estabelecida como 1, de outra forma seria 0).

Represas de porte médio seriam do tipo “fio d’água”. O tempo de permanência é tomado como uma função da energia e proporcional ao tempo de permanência do Manso por um fator de 0,5. Se o tempo de permanência da água nestas fosse menor que 30 dias não afetariam o escoamento mínimo e máximo. Somente impediriam a migração se o tempo de permanência seria maior que 30 dias.

Pequenas represas seriam do tipo “fio d’água”. Se o tempo de permanência fosse menor que 30 dias em relação às represas, não afetariam o escoamento mínimo e máximo. Seu tempo de permanência seria proporcional ao tempo de permanência do APM-Manso por um fator de 0,5 e uma função linear de energia. Represas pequenas não impediriam a migração.

As próximas três tabelas mostram os resultados de cálculos e as três matrizes de índices para o Pantanal. Note que quando não há dados disponíveis sobre a altura das represas, o índice de migração representa a soma dos índices que foram dados por represas (ver acima). Quanto maior o número, mais difícil é a migração de peixes. Primeiro, os cenários para a produção hidrelétrica são mantidos — “status quo” e “represas menores” — são discutidas. Em um segundo momento o terceiro cenário é discutido.

O cenário “represas menores”, onde a construção de represas maiores (> 100 MW) não é permitida na planície ao redor do Pantanal traz vantagens, bem que limitadas, para o Pantanal. O tempo de permanência total da água em represas é menor que no cenário “status quo”, o que significa que o período de

cheias pode ser menos afetado por impactos cumulativos neste caso. Como esperado, o índice por tipo de represa também é menor no cenário “represas menores” e isso é basicamente o resultado da escolha de não construir represas grandes. Isso também significa que os períodos de fluxo e cheias não serão tão regulados como no cenário “status quo” e poderíamos esperar mais naturalidade nas cheias. No entanto, construindo mais 9 represas provavelmente significará um aumento no impacto cumulativo no escoamento mínimo e máximo natural alcançando o Pantanal. Por sua vez, isso pode afetar o tamanho das cheias no Pantanal e a natureza da variabilidade das cheias anuais negativamente para plantas e animais, reduzindo a abundância e biodiversidade. Também as migrações sofrem um pouco mais de impacto no cenário “represas menores”. No entanto, o cenário “represas menores”, minimiza os impactos cumulativos nas condições de fluxo e tempo de cheias, parece ser mais adequado para a preservação do pulso das cheias naturais no Pantanal, que de todas as formas é um alvo primordial de conservação.

A análise bacia a bacia mostra resultados interessantes. Construir represas menores no Rio Jauru leva a uma redução significativa em todos os índices, claramente mostrando que esta estratégia poderia reduzir os impactos cumulativos neste rio. Também a construção de represas menores nos rios Itiquira e Correntes causam uma redução significativa nos índices de impactos cumulativos em ambas as bacias, sugerindo um impacto cumulativo menor na confluência Correntes-Itiquira no Pantanal.

Tabela 6. Matriz de índices do cenário “status quo”.

Índice da Bacia	No. de represas	Tempo de permanência represada (dias)	Modificação o mínima de fluxo	Modificação Máxima de fluxo	Tipo de represa	Índice de migração
Correntes	3	263,3	2	2	1	2
Cuiabá	5	385,5	1	1	1	1
Itiquira	1	203,4	1	1	1	1
Jauru	7	222,7	1	1	1	1
Paraguai	10	142,2	2	2	0	2
São Lourenço	4	82,2	0	0	0	0
Taquari	1	0,3	0	0	0	0
Pantanal	31	1299,6	7	7	4	7

Tabela 7. Matriz de índices do cenário “represas menores”.

Índice da Bacia	No. de represas	Tempo de permanência represada (dias)	Modificação mínima de fluxo	Modificação Máxima de fluxo	Tipo de represa	Índice de migração
Correntes	6	186,8	3	3	0	3
Cuiabá	5	385,5	1	1	1	1
Itiquira	4	135,6	2	2	0	2
Jauru	10	174,9	0	0	0	0
Paraguai	10	142,2	2	2	0	2
São Lourenço	4	82	0	0	0	0
Taquari	1	0,3	0	0	0	0
Pantanal	40	1107,5	8	8	1	8

Tabela 8. Matriz de índices do cenário “energia inteligente”.

Índice da Bacia	No. de represas	Tempo de permanência represada (dias)	Modificação mínima de fluxo	Modificação Máxima de fluxo	Tipo de represa	Índice de migração
Correntes	2	33,9	1	1	0	1
Cuiabá	5	385,5	1	1	1	1
Jauru	6	79,3	0	0	0	0
Paraguai	10	142,2	2	2	0	2
São Lourenço	4	82,2	0	0	0	0
Taquari	1	0,3	0	0	0	0
Pantanal	28	723,4	4	4	1	4

O cenário “energia inteligente”, sem surpresas, como propõe a duplicação em vez de a triplicação, a capacidade regional de energia hidrelétrica para os próximos anos, produz os menores índices de impactos cumulativos. Todos os índices são quase a metade dos valores apresentados no cenário “status quo”, sugerindo que o fluxo e o regime de cheias devem reter mais de suas

características naturais. É importante notar que é este cenário que parece ter o menor impacto na migração de peixes.

CONCLUSÃO

A função ecológica mais importante no Pantanal é o pulso das cheias. Assim a conservação da naturalidade deste pulso é alvo de conservação para o Pantanal. Intervenções humanas que alteram o pulso das cheias estão fazendo a sociedade se afastar deste alvo. Ainda não se sabe até onde a modificação do fluxo e do regime das cheias será suportada pelos ecossistemas pantaneiros. No entanto, como é sempre o caso em ecologia, podemos pensar que há um valor limite além do qual esse sistema irá brutalmente falir. As represas têm a capacidade de alterar o fluxo ou até o regime das cheias dependendo de seu tamanho, tipo e também de números. Os trabalhos mais recentes da Comissão Mundial das Represas (World Commission on Dams) não deixam dúvidas sobre isso.

Existe 9 represas hidrelétricas em operação ao redor do Pantanal, sem contar as inúmeras represas menores usadas para suprimento de água e irrigação. Em um futuro próximo, 22 represas hidrelétricas serão adicionadas à Bacia do Alto Paraguai. Para avaliar o impacto cumulativo dessas represas qualitativamente, uma matriz de índices foi elaborada. No momento não parece haver impactos cumulativos nem dentro do Pantanal nem dentro das bacias onde essas represas estão. No entanto, quanto mais represas forem construídas, parece que pode haver impactos cumulativos de magnitude variante em várias áreas da planície aluvial. No Pantanal de Cuiabá, os índices sugerem que o impacto mais importante será no tamanho e regime das cheias, especialmente a montante da confluência São Lourenço com o rio Cuiabá. Na confluência dos rios Jauru e Paraguai os índices sugerem outro foco de impactos cumulativos no regime das cheias. Finalmente, altos índices de impactos cumulativos no regime das cheias foram encontrados na confluência dos rios Correntes e Itiquira.

Planejando o desenvolvimento da energia hidrelétrica de forma diferente reduz os índices dos impactos cumulativos. Usando mais represas pequenas traz resultados positivos, porém mistos. Por exemplo, o cálculo dos índices neste cenário somente com represas menores indica um impacto na descarga máxima alcançando o Pantanal maior do que no cenário atualmente proposto, o qual conta poucas, mas grandes represas. Dobrando, em vez de triplicando a produção de energia hidrelétrica nos próximos anos, produz uma redução drástica nos índices de impactos cumulativos e, dos três cenários estudados, é sem dúvida a melhor estratégia de desenvolvimento de energia quando pensamos em conservar a integridade dos ecossistemas pantaneiros.

REFERÊNCIAS

- Anderson RC, 1997, New Independent States Issue Paper No. 1: Environmental Damage Assessment of the Aral Sea Disaster, Central Asia Mission, US Agency for International Development.
- Biodiversity Support Program. 1995. Regional Analysis of Geographic Priorities for Biodiversity Conservation in Latin America and the Caribbean. Report prepared by Conservation International, The Nature Conservancy, Wildlife Conservation Society, World Resources Institute, and World Wildlife Fund. World Wildlife Fund, Washington, D.C. 20037, USA.
- Carvalho N.O. 1986. Hidrologia da Bacia do Alto Paraguai. In: Anais do Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, 1. Corumbá. EMBRAPA, Brasília. pp.43-48. (in Portuguese).
- Crabb P, 1997, Murray Darling Basin Resources, Canberra, Murray Darling Basin Commission.
- Da Silva, C. J. 2000. Ecological basis for the management of the Pantanal – Upper Paraguay River basin. In: Smits, A.J.M., Nienhuis, P.H., Leuven, RSEW. (Eds). *New Approaches to River Management*, Bachuys Publishers, Leiden. pp. 97-117.
- Da Silva, C. J., and Girard, P. no prelo. New Challenges in the Management of the Brazilian Pantanal and Catchment Area. *Wetlands Ecology and Management*.
- Eley TJ, Watkins TH, 1991. ‘In a Sea of Trouble - The Uncertain Fate of the Pacific Salmon’, in *Wilderness*: 20-26.
- Girard, P., Da Silva, C.J., and Abdo, M., submetido. River–Groundwater Interactions in the Brazilian Pantanal. The case of the Cuiabá River. *Journal of Hydrology*.

- Gottgens, J.F., J.E. Perry, R.H. Fortney, J. Meyer, M. Benedict and B.E. Rood. 2001. The Paraguay-Paraná Hidrovia: Protecting the Pantanal with lessons from the past. *BioScience* 51(4): 301-308.
- Hamilton, S.K.; Sippel, S.J. & Melack, J.M. 1996. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. *Arch. Hydrobiol.* 137:1-23.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., and Sparks, R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems, p 110-127. In Dodge, D.P., (ed) Proceedings of the International Large River Symposium. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106: 100-127.
- Oliveira, J.E. 1999. A ocupação indígena das áreas inundáveis do Pantanal. In: Anais do Segundo Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal. Manejo e Conservação. EMBRAPA, Corumbá, Brasil. Pp. 507-516. (in Portuguese).
- Ortolano, L., and Cushing, K.K., 2000. Grand Coulee dam and The Columbia basin project, USA. WCD case study. Secretariat of the World Commission on Dams, Cape Town, SouthAfrica. Report, 179 pp.
- PCBAP, 1997; Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) 1997. Diagnóstico dos Meios Físico e Biótico. Ministério do meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. (in Portuguese).
- Penha, J.M., Da Silva, C.J. and Bianchini, I. 1999. Productivity of the aquatic macrophytes *Pontederia lanceolata* Nutt. (Pontederiaceae) on the floodplains of the Pantanal Mato-grossense, Brazil. *Wetlands Ecology and Management*, 7/3: 155-163.
- Ponce, V.M. 1995. Estudos hidrológicos e Ambientais da Hidrovia Paraná-Paraguai no Pantanal Mato Grossense. Um Estudo de Referência. San Diego State University, San Diego. (in Portuguese).
- Tarifa, J.R. 1986. O sistema climático do Pantanal. Da compreensão do sistema a definição de prioridade de pesquisa climatológica. In: Anais do Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal. EMBRAPA, Brasília, pp. 9-27. (in Portuguese).

USGS, 1999. Ecological status and trends of the Upper Mississippi River System 1998: A report of the Long Term Resource Monitoring Program. U.S. Geological Survey, Upper Midwest Environmental Sciences Center, La Crosse, Wisconsin. LTRMP 99-T001. 236 pp.

Walker KF, 1979, 'Regulated Streams in Australia: the Murray-Darling River System', in Ward JV, Stanford JA (eds) *The Ecology of Regulated Streams*, New York, Plenum Press.

WCD, 2000. Dams and development. A new framework for decision-making. The report of the World Commission on Dams. Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA. 404 pp.