

LAGOAS MARGINAIS E SUA IMPORTÂNCIA PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – RELAÇÃO COM ALTERAÇÕES HIDROLÓGICAS.

Pollianna Ferro Santos¹ & Lafayette Dantas da Luz²

RESUMO --- O crescimento vertiginoso da população humana mundial ocorrido nos últimos séculos e, conseqüentemente, o desenvolvimento tecnológico desenvolvido para este fim, não teve como preocupação a conciliação das intervenções humanas com o equilíbrio dos ecossistemas. Os represamentos constituem-se numa das maiores causas pontuais de interferência humana nos regimes hídricos naturais. A construção de barragens tem afetado diretamente as comunidades de peixes das calhas fluviais e das planícies de inundação, visto que altera o nível de flutuação da água dos rios, modificando o ciclo sazonal de inundações e dificultado a conexão entre o rio e as áreas inundáveis, interrompendo o ciclo de vida de muitos animais e vegetais. Levando em consideração a realidade do Rio São Francisco observa-se que os efeitos da regularização sobre a planície de inundação são ainda mais evidentes no seu baixo curso (a jusante das barragens). Para tanto, a proposta deste trabalho consta em contribuir com um estudo bibliográfico referente às lagoas marginais, a importância de sua conservação e os atuais impactos sofridos por estas, o que deve servir como subsídio em análises voltadas para a definição de regimes de vazões ecológicas.

ABSTRACT --- The extreme growth of the human population during the latter centuries and the resulting technologic development did not take into account the conciliation between human interventions and ecosystem equilibrium. Damming has been one of the most important causes of human impact on natural river regimes. Dam construction has affected fish communities in rivers and floodplains, since it interferes on river flow fluctuation, modifying the flooding cycles and disrupting life cycles of many plants and animals. For the São Francisco River, such changes are even more evident on its lower reach (downstream the dams). This article aims to contribute as a literature review about marginal lagoons, referring to the importance of conservation and the current impact condition. This is expected to provide subsidy to analyses for ecological flows definition.

Palavras-chave: ecossistema; peixes potamódromos; vazões ecológicas.

1) Aluna do curso de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Email: polli_bio@hotmail.com

2) Professor da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador/Ba. E-mail: lluz@ufba.br

1 INTRODUÇÃO

Muitos países tropicais não têm a força econômica, capacidade científica e tecnológica, e / ou infra-estrutura administrativa para reagir adequadamente aos desafios da crescente pressão demográfica e globalização da economia no que diz respeito à utilização sustentável dos recursos naturais (Junk, W. J., 2002). Alie-se a essas questões, que podem ou não estar todas presentes em casos específicos, o problema da vontade política para ações voltadas aos cuidados com o meio ambiente e sustentabilidade. O grande desafio para a prática do uso sustentável passa pela compreensão dos processos ecológicos responsáveis pela produtividade e biodiversidade existentes no meio ambiente.

Um dos principais conceitos envolvidos no caso dos rios é o “*pulso de inundação*” que, de acordo com Junk e colaboradores (1989), pode ser expressa como “*a principal força direcionadora responsável pela existência, produtividade e interações da biota em sistemas rio-planície de inundação*”, onde “*um pulso previsível de longa duração gera adaptações e estratégias que propiciam o uso eficiente dos atributos da zona de transição aquática/terrestre*”.

Os ambientes alagáveis são caracterizados pela existência de vários habitats aquáticos e transicionais entre os meios terrestre e aquático, que se diferenciam pela morfologia e grau de comunicação com o rio principal e seus tributários. Dentre esses diversos ambientes estão às lagoas marginais, que ocupam as depressões laterais do rio e apresentam comunicação constante ou intermitente com o mesmo (Souza Filho e Stevaux, 1995).

Estas lagoas marginais de sistemas de rio-planície de inundação são amplamente reconhecidas pela sua importância na manutenção e integridade da biodiversidade regional, seja como criadouros naturais das espécies de importância comercial, na sua maioria migradoras de longa distância (Agostinho *et al.*, 1993; 2000), ou como habitat preferencial das espécies sedentárias e de pequeno porte. A diversidade ictiofaunística e o tamanho dos estoques das espécies migradoras dependem, em grande parte, da conservação e integridade das lagoas marginais (Petry *et al.*, 2002).

Todos os processos biológicos que ocorrem no ecossistema são interligados e sincronizados com fatores abióticos, os impactos decorrentes da rede de influências antrópicas nos ambientes rurais e urbanos que afetam a integridade dos sistemas hídricos (por meio de ações variadas como canalização, desvio do curso natural, impermeabilização do leito dos rios no meio urbano, despejo de poluentes, práticas inadequadas de aquicultura, além do uso inadequado do solo nos meio rural e urbano) alteram o padrão da dinâmica fluvial, desarmonizando o sistema rio-planície de inundação,

desregulando o fluxo de nutrientes e sedimentos, e descontrolando a relação entre o regime hidrológico e o ciclo de vida de fauna e flora, comprometendo desta forma a biodiversidade local.

O manejo integrado dos recursos hídricos está baseado na percepção da água como parte integrante do ecossistema. Contudo, hoje, o quadro é de fragilidade natural, resultado em degradação ambiental por todo o país. Segundo Garutti (2003) a água deve ser protegida, levando-se em conta o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso, a fim de satisfazer e conciliar as necessidades humanas atuais e futuras. Assim, o presente trabalho tem o objetivo de contribuir com um estudo bibliográfico referente às lagoas marginais, a importância de sua conservação e os atuais impactos sofridos por estas, com o que se espera que sirva como subsídio em análises voltadas para a definição de regimes de vazões ecológicas em rios, incluindo o Rio São Francisco.

2 A BIODIVERSIDADE NAS LAGOAS MARGINAIS

Aproximadamente 14% das espécies do mundo são encontradas no Brasil (Lewinsohn & Prado, 2002), visto que, este país lidera o número de peixes de água doce, possuindo 2.122 espécies catalogadas (cerca de 21% das espécies do mundo; Buckup & Menezes, 2003). As ameaças a esses ecossistemas aquáticos variam consideravelmente em número e importância de acordo com as diferentes regiões do Brasil, a densidade populacional humana, os usos do solo e as características socioeconômicas predominantes. Perdas de espécies e/ou alterações da estrutura de comunidades têm sido associadas com poluição e eutrofização de riachos e rios (Marques & Barbosa, 2001; Martinelli *et al.*, 2002), reservatórios (Pinto Coelho, 1998; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2003), lagoas (Esteves *et al.* 2002) e lagos (Barbosa *et al.* 1993).

De acordo com Christofletti (1981), planícies inundáveis são faixas do vale fluvial com baixa declividade, que sazonalmente são alagadas por cheias de determinada magnitude e frequência. A alternância entre inundação e emersão é o aspecto fundamental que controla a erosão e a deposição nas planícies definindo comunidades bióticas, processos biológicos e ambientes característicos em ecossistemas fluviais. Durante a estação seca, as áreas inundadas se tornar isoladas a partir do canal principal do rio, formando inúmeros lagos e lagoas marginais.

As lagoas marginais são consideradas importantes meios que servem de berçário, proteção e abrigo para peixes, além de, constituírem áreas de crescimento e recuperação de adultos. As enchentes funcionam como gatilho sincronizador para desova, e o pico da enchente, como finalizador do período reprodutivo (Vazzoler *et al.*, 1997). As características das vazões, como as

amplitude, duração, frequência, taxa de recessão e ascensão, e a época em que ocorrem as cheias e secas, acionam processos migratórios com finalidade de reprodução ou busca de alimento.

Ao iniciar o decréscimo do nível d'água, os ambientes lacustres desconectam-se do leito principal do rio, drenando sedimentos e aumentando o nível de oxigênio dissolvido nas lagoas (Henry, 2003). No decorrer do período de baixos níveis fluviométricos as plantas aquáticas que se beneficiaram das áreas alagadas no período de cheia morrem e liberam nutrientes para as áreas inundáveis que estão expostas. Esses nutrientes são acumulados no solo e utilizados pela vegetação terrestre que irá se desenvolver (Thomaz *et al.*, 2003). Já alguns peixes das lagoas são oportunistas, alterar sua dieta de acordo com a disponibilidade de alimentos, enquanto outros toleram os níveis de dissolução de oxigênio (Machado-Allison, 1994).

No período de cheias, os rios restabelecem a sua conexão com as lagoas marginais, fornecendo condições necessárias para o incremento da sua produtividade biológica (Junk *et al.*, 1989). As espécies vegetais mais tolerantes à umidade desenvolvem-se próximas ao curso d'água e as espécies características de solos bem drenados crescem próximas à zona terrestre, compondo um ambiente rico em diversidade (Oliveira, 2004).

Essa vegetação ciliar tem papéis importantes na biodiversidade do rio. Segundo Pedralli & Teixeira (2003), além de controlar o excesso de nutrientes e sedimentos que alcançam o leito por meio do alagamento sazonal das planícies, forma corredores que interligam os remanescentes de matas e fornecem matéria orgânica com a sua decomposição. A entrada de sedimentos e de matéria orgânica fornece a matéria prima que cria a estrutura física do habitat, os substratos e os locais de desova, e armazena os nutrientes que sustentam as plantas e os animais aquáticos (Baron *et al.*, 2003). Essa matéria orgânica degradada e acumulada no solo durante o período seco é incorporada a água, retardando o assoreamento das lagoas, pois evita o acúmulo de material no meio (Thomaz, *et al.*, 2003). Com a reprodução ocorrendo nesse momento anual, os peixes aumentam a probabilidade dos novos indivíduos terem acesso aos habitats que serão os seus berçários, lhes oferecendo proteção e alimento (Lowe McConnell, 1975; Welcomme, 1979). Além disso, as inundações facilitam a distribuição de organismos pelo rio (Baron, *et al.*, 2003), proporcionando diversidade de habitats para peixes adultos.

O ciclo de cheia e seca imposto a esses ambientes também os tornam singulares e dependentes das alterações do nível da água dos rios nos períodos de maior pluviosidade. O contato periódico do rio com as lagoas e várzeas, como já foi explicitado acima, permite a colonização das mesmas por ovos e larvas, bem como a saída para o rio de alevinos e jovens provenientes da reprodução do ano anterior (Pompeu, 1997), tornando a manutenção da pesca e, principalmente, das populações de espécies migradoras intimamente associadas a esse ciclo.

Apesar de reconhecer a importância dos recursos hídricos para sua sobrevivência, a humanidade frequentemente se aproveitou dos benefícios gerados pela presença de águas fluviais sem a devida preocupação com a preservação de sua qualidade. A expansão das atividades antrópicas acaba gradualmente acarretando diversas mudanças na dinâmica e configuração das bacias de drenagem (Cunha, 2003).

Nas últimas décadas, tem-se observado uma crescente perda das características e funções desempenhadas pelas planícies de inundação em função de barramentos, canalização, drenagem e desmatamento. Esta destruição tem conseqüências diretas sobre a comunidade de peixes (Bugenyi, 1991; Diegues, 1994; Agostinho & Zalewski, 1995) e afeta negativamente a produtividade pesqueira dos rios, visto que altera o nível de flutuação da água dos rios, modificando o ciclo sazonal de inundações das lagoas marginais a jusante, fazendo com que períodos de seca prolongada (ausência de inundações) se tornem mais frequentes. Existe uma relação direta entre a área alagada e a produção pesqueira (Welcomme, 1979; Welcomme & Hagborg, 1977; Petrere, 1983; Mitsch & Gosselink, 1993), por conta disto, a importância das lagoas marginais para a manutenção da pesca e produção pesqueira em rios é bem documentada em literatura técnica, e precisa de uma atenção especial.

Apesar desses impactos negativos causados ao meio ambiente e à ictiofauna, a construção de UHEs no Brasil ainda é uma prática bastante comum (Agostinho *et al.* 2004a, Agostinho *et al.* 2007). Estudos em reservatórios gerados pela construção de UHEs têm tido importância cada vez maior devido ao grande número desses ecossistemas artificiais (Agostinho *et al.* 2007) e servem de referência no planejamento da instalação de futuras UHEs (Hahn *et al.* 1998; Delariva, 2002; Albrecht & Caramaschi, 2003; dentre outros).

2.1 Os Represamentos dos Rios

A interferência humana no curso natural dos rios, através da construção de barragens para diversos fins, vem sendo uma prática comum desde tempos remotos. No Brasil, a primeira usina hidrelétrica foi construída no rio Paraíba em 1889 (Petrere *et al.* 2002). A construção de usinas hidrelétricas (UHEs) alcançou grande desenvolvimento especialmente nas décadas de 1920 a 1930, 1950 e 1970 (Tundisi, 2003, Agostinho *et al.* 2007), mais de 600 barragens já foram construídas e ocupam uma área de aproximadamente 40.000 km², com volume de 6,5 x 10¹¹ m³, com o principal intuito de gerar energia elétrica (Agostinho *et al.* 2005). Cerca de 85% da energia produzida no Brasil é gerada em UHEs (Tundisi, 2003).

Os represamentos dos rios alteram as características físicas e químicas, a velocidade da água (Júlio *et al.* 1997), os microhábitats e as fontes de alimento. O principal problema causado pela formação de um reservatório é a ocorrência de uma mudança drástica no ambiente aquático em um prazo relativamente curto (Castro & Arcifa 1987), isto é, transformando o ambiente lótico em

lêntico rapidamente (Maitland & Morgan 1997); passando de uma extensa área marginal alagada anualmente para uma borda mais definida do sistema aquático; e de uma comunidade de peixes dominada por migradores para uma comunidade de peixes sedentários (Welcomme 1985). Um efeito inevitável dos represamentos sobre a fauna e flora aquática é a mudança na composição e abundância de espécies, com extrema proliferação de algumas e redução ou mesmo eliminação de outras (Agostinho *et al.*, 1999). Reservatórios criados a partir do represamento de um rio proporcionam um ambiente novo e alterado para a comunidade íctica (Tundisi, 1981), que se refletirá principalmente, na diversidade de espécies que irão colonizar o reservatório, na disponibilidade de alimento e nas relações interespecíficas (Castro & Arcifa, 1987).

A construção de reservatórios leva à formação de zonas de fronteiras entre ecossistemas diferentes, denominados ecótonos (Lowe-McConnell, 1999). Essas regiões, após a estabilização do biótopo lacustre, podem apresentar elevada abundância de espécies de peixes que tiram proveito dos novos recursos alimentares de origem autóctone e das condições favoráveis desse tipo de ambiente. Portanto, tais regiões poderiam ser caracterizadas como zona de "potamom", com produção primária de origem autóctone (fitoplâncton e macrófitas aquáticas) e material particulado fino; e ainda, com predominância de espécies de peixes detritívoras (coletores), forrageiras (pastadoras) e piscívoras (predadoras) (Stanford & Ward, 1984).

Barragens, que interrompem os movimentos de peixes potamódromos, são possivelmente o principal fator que afeta a abundância de espécies migradoras (reprodução e fragmentação de habitats). Embora apenas uma pequena fração das espécies de peixes sul-americanas realize grandes migrações, devido ao seu maior tamanho (Lamas, 1993) e sua maior abundância (Northcote, 1978), estes são os mais importantes para a pesca profissional (Goulding 1979; Bittencourt & Cox-Fernandes 1990; Godinho 1993) e amadora. Muitas alternativas para minimizar os efeitos adversos dos barramentos sobre a migração dos peixes têm sido propostas e implementadas. Entretanto, este é um processo complexo que exige estratégias integradas entre diversas áreas e profissionais, em especial, biólogos e engenheiros (Pompeu & Martinez, 2003).

Outro aspecto afetado pelo controle do regime de cheias é a biodiversidade de planícies de inundação a jusante das barragens, através da redução das áreas de planície alagada, retenção de nutrientes e alteração nos habitats proporcionada pela erosão (Agostinho *et al.*, 2004b). A montante das barragens, os impactos dependem das características do reservatório (localização, morfometria, hidrologia), desenho da barragem, procedimentos operacionais, descarga, tipos de solo e interação com outras barragens. Em geral, extinções locais e alterações abruptas da estrutura das comunidades ocorrem como resultado de mudanças no tempo de retenção e qualidade da água (Agostinho *et al.*, 2005).

As alterações hidrológicas após a implantação das barragens, com a regularização das vazões e com o esquema de geração energética, impuseram uma compressão à amplitude das vazões verificadas na condição pré-barragens, isto é, resultando na redução das cheias e um aumento das vazões e níveis linimétricos nas ocasiões de vazante. A conexão física entre as lagoas marginais e a calha principal do Rio foi, em diversos casos, controlada por comportas, a quase totalidade das quais atualmente desativadas. Mesmo sem esses controles hidráulicos a nova condição hidrológica do Rio faz com que muitas lagoas marginais não mais, ou raramente, recebessem águas, desfazendo a conexão que proporciona diversos serviços ambientais, como já foram citados. Para Petry *et al.*, (2002) a diversidade ictiofaunística e o tamanho dos estoques das espécies migradoras dependem, em grande parte, da conservação e integridade das lagoas marginais.

Segundo estudos realizados por Barbieri *et al.* (2000), alguns dos fatores que têm contribuído para a sobrevivência e reprodução de várias espécies de peixes no Mogi Guaçu, incluem a quantidade significativa de lagoas marginais naturais, trechos de mata nativa preservados por Unidades de Conservação, a grande capacidade de depuração e os poucos represamentos ao longo do curso do rio. Em seu trecho médio, o rio Mogi Guaçu apresenta uma extensa planície alagável, com mais de 90 lagoas marginais de dimensões variadas e diferentes graus de conectividade com o rio (Vieira & Verani 2000). Este trecho compreende a região de Cachoeira de Emas em Pirassununga e o município de Luis Antônio (SP), que tem sido exaustivamente estudado por diversos pesquisadores (Godoy, 1975; Santos & Pires, 2000).

Com o barramento há uma redução da área inundada impactando a conexão entre as lagoas da planície fluvial, assim as planícies ficam expostas durante todo o ano ou submersas em períodos irregulares, prejudicando espécies que desovam nas margens, pois as oscilações bruscas podem expor ovos, larvas e alevinos ao dessecamento e espécies de peixes migratórios que desovam a montante das barragens, mas alimentam-se e crescem nas lagoas marginais (Bizerril & Primo, 2001).

Ao longo das últimas décadas, existiu apenas a idéia de manutenção de uma vazão mínima no leito do rio, acreditando-se que assim a fauna e flora estariam sobrevivendo em condições satisfatórias. Porém, diversos estudos recentes (Collischonn, *et al.*, 2005; Luz, *et al.*, 2005; O'Keeffe, 2006; Richter *et al.*, 2003) afirmam que a saúde do ambiente aquático – terrestre depende da variação sazonal da vazão do rio e não de um nível médio ao longo de todo o ano. Essa variação sazonal com o propósito de proteção ambiental refere-se ao regime de vazões ecológicas que, incluindo os múltiplos usos, forneceria ao ecossistema aquático e a sociedade condições mais adequadas. Contudo, relativamente, poucos trabalhos tratam destes efeitos sobre as lagoas marginais.

Os novos projetos de barragens, que deverão piorar a já precária situação da biodiversidade aquática, estão concentrados na bacia amazônica e em riachos menores espalhados por todo território brasileiro. Os maiores rios fora da Amazônia têm suas possibilidades de aproveitamento hidrelétrico virtualmente esgotado. Por conseguinte, é importante ressaltar a necessidade da visão ecológica para futuros represamentos, e como alvo principal a conservação das lagoas marginais. Um bom exemplo da realidade tropical está no Rio São Francisco, sendo este rico em planícies inundadas, canais e lagoas marginais, em diversos de seus trechos.

2.2 A Realidade no Rio São Francisco

A bacia do rio São Francisco, com área de 631.133 km², corresponde a 7,4% do território brasileiro. Situa-se entre os paralelos 21° e 7° S, o que lhe confere características climáticas bastante variadas, com precipitações que vão de 350 mm a 1.900 mm em anos normais. Seu regime hidrológico caracteriza-se por apresentar cheias no verão e estiagem no inverno. A descarga média anual do rio é de 100x10⁹ m³, com vazão média de 3.150 m³/s (PLANVASF, 1986). Os usos atuais de suas águas incluem geração de energia, irrigação, abastecimentos industrial e urbano, navegação e pesca (Diegues, 1994).

A bacia do rio São Francisco é, sem dúvida, uma das mais importantes bacias hidrográficas do país, tanto pela sua importância hídrica como pelo desenvolvimento gerado para a região Nordeste. Em toda sua extensão, desde a cabeceira no estado de Minas Gerais à sua foz nos estados de Alagoas e Sergipe, o rio São Francisco enfrenta vários impactos sócio-ambientais, ocasionados por ações antrópicas (Rocha, 2006). A falta de chuva, que além de pouca é má distribuída, a agressão ao meio ambiente, o uso desordenado da água do Rio, dentre outras coisas, vem acentuado a vulnerabilidade do São Francisco.

Atualmente, este rio possui apenas dois trechos de águas correntes: 1.100 km entre as barragens de Três Marias e Sobradinho, com vários tributários de grande porte e inúmeras lagoas marginais, visto que, a jusante de Três Marias, sua planície de inundação ocupa cerca de 2.000 km² (Welcomme, 1990); e 280 km da barragem de Sobradinho até a entrada do reservatório de Itaparica. Daí para baixo transforma-se em uma cascata de reservatórios da Companhia Hidrelétrica do Rio São Francisco – CHESF, (Itaparica, Complexo Moxotó com Paulo Afonso I, II, III, IV e Xingó). Estes dois trechos e os grandes tributários, onde existem as lagoas marginais, ainda permitem a existência de espécies de peixes migradores, importantes para as pescarias comerciais e amadoras.

A produção de energia através de hidrelétricas, sem um planejamento que contemple a minimização dos impactos de seu funcionamento, e a construção de mais de uma dezena de grandes hidrelétricas em um único rio, é um exemplo de insustentabilidade econômica, social, cultural e

ambiental. Ao longo do Rio São Francisco existe milhares de km² de recursos naturais, históricos e culturais perdidos por inundação, além, de sua vazão artificial, o rio foi danificado centenas de quilômetros à montante da barragem. À jusante, os impactos são mais fortes, chegando até a plataforma continental, comprometendo a complexa rede ecológica da biodiversidade do rio, do estuário e da costa adjacente (Guerra & Cunha, 2001; Christofolletti, 1999; Fontes, 2002).

A pesca é uma atividade tradicional no rio em questão. A importância histórica da pesca nesta bacia está registrada em muitas publicações, grande parte das quais foram catalogadas por Menezes (1956, 1973) e Burton (1977). A produção total de pescado, estimada para o vale do São Francisco na década de 50, variou de 2.000 a 3.500 ton./ano (Braga, 1964). A história da fragmentação do rio São Francisco tem suas origens na falta de consciência ecológica daquela época de grandes projetos de desenvolvimento hídrico. O declínio do Surubim, considerado o “bacalhau brasileiro”, símbolo da vida e da riqueza do rio São Francisco, é uma das partes da história da fragmentação do rio e da sociedade que vive dele (Andrade, 2002). Ainda hoje, a pesca profissional é praticada segundo peculiaridades regionais, sendo, de modo geral, desorganizada, realizada com petrechos de pesca e embarcações rudimentares e conta com cerca de 26.000 pescadores (PLANVASF, 1989).

Uma vez que a atividade da pesca na bacia do São Francisco depende diretamente da integridade de seu sistema de lagoas marginais, o aumento artificial da vazão liberada da usina de Três Marias durante o período das chuvas tem sido estudado como alternativa da manutenção da inundação anual ou bianual a jusante (Godinho *et al.*, 2003). Porém, na bacia do São Francisco, os efeitos da regularização sobre a planície de inundação é ainda mais evidente no seu baixo curso. Nos últimos anos, uma série de impactos ambientais tem sido relatada no baixo São Francisco como resultantes das sucessivas intervenções humanas na região, principalmente aqueles supostamente decorrentes da construção e operação das barragens da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), situadas rio acima, e da conseqüente regularização do rio.

No caso do baixo curso do RSF, algumas alterações hidrológicas foram analisadas por Pruski *et al* (2003) e Luz *et al* (2006). Pruski *et al* (2003), analisando a série do posto 48020000 – Juazeiro localizado logo a jusante da Usina Hidrelétrica (UHE) Sobradinho, chegaram às seguintes conclusões: após o início de operação da UHE houve uma redução da vazão média da ordem de 332 m³/s; o efeito de regularização promoveu um aumento na vazão média mensal do mês mais seco de 1.529 m³/s para 1.923 m³/s e uma diminuição de 1.028 m³/s na vazão mensal do mês de maior vazão, passando de 4.886 m³/s para 3.858 m³/s. Luz *et al.* (2006), analisando as cotas linimétricas diárias da estação Pão de Açúcar, a jusante da UHE Xingó, verificou a eliminação de níveis de enchente e a elevação dos níveis mínimos, destacando as suas conseqüências, tais como: a) a redução da capacidade de arraste e transporte longitudinal de sedimentos; b) contração das áreas de

transição ripárias; e c) a expansão de feições terrestres em direção à calha fluvial, relacionando-as com as suas funções ecológicas.

De fato, é de esperar que em casos como o do Rio São Francisco, onde grandes barragens foram construídas ao longo do seu curso, alterações profundas ocorram, rompendo o equilíbrio dinâmico natural do sistema fluvial, principalmente à jusante das mesmas. Distantes tanto espacialmente como temporalmente, do local e dos fatos geradores, as alterações ambientais detectadas ao longo do canal do baixo São Francisco, na sua planície de inundação e na sua foz, chamam a atenção pela sua diversidade e magnitude. As alterações no regime fluvial incluem, não só a regularização das vazões do rio, mas também outras mudanças significativas no seu comportamento hidráulico e sedimentológico, notadamente no trecho situado entre a cidade de Propriá e a foz, deflagrando uma série de impactos ambientais negativos nos ecossistemas da região do baixo curso e do litoral adjacente à foz e no meio antrópico (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003).

Nos últimos anos, o agravamento dos problemas ambientais e socioeconômicos na região do baixo São Francisco tem suscitado a execução de diversas pesquisas e estudos. Apesar do número relativamente elevado de trabalhos produzidos, poucos têm contribuído para a transformação da realidade ambiental e sócio-ambiental. A necessidade de um monitoramento contínuo, de forma a acompanhar a evolução da dinâmica do sistema fluvial e dos ecossistemas associados, é requisito fundamental de garantir intervenções seguras e balizamento das medidas mitigadoras. Desta forma, recomenda-se o estabelecimento de um sistema de monitoramento permanente do rio São Francisco e áreas marginais inundáveis, seus afluentes, sua foz e zona costeira adjacente, como elemento essencial de subsídio de dados e informações. Também as análises e pesquisas com referência à revitalização das áreas inundáveis e suas lagoas marginais se associa estreitamente com quaisquer proposições de regimes de vazões ecológicas que possam vir a ser consideradas.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a bolsa de mestrado provida pela CAPES para realização de seu projeto de pesquisa junto ao Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana (UFBA). Os autores agradecem o apoio financeiro ao projeto de pesquisa intitulado “Identificação de regime hidrológico compatível com objetivos ecológicos para o baixo curso do Rio São Francisco”, parte da Rede ECOVAZÃO (“Rede de Estudo do Regime de Vazões Ecológicas para o Baixo Curso do Rio São Francisco: uma Abordagem Multicriterial” - Edital CNPq/CT-HIDRO 045/2006), ao qual o projeto de mestrado da autora tem ligação temática.

BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, A. A. & ZALEWSKI, M. The dependence of fish community structure and dynamics on floodplain and riparian ecotone zone in Parana River, Brazil. *Hydrobiologia* 303: 141-148. 1995.

AGOSTINHO, A. A., *et al.* Estratificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* em distintas fases del ciclo de vida, em la planície de inundación del alto rio Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. **ver. d'Hydrobiol. Trop.**, v.26, n 1, p.79-90, 1993.

_____. Patterns of colonization in Neotropical Reservoirs, and Prognoses on Anging. Pp 227-265. **In:** J.G. Tundisi & M.S. Straskraba (eds.). *Theoretical Reservoir Ecology and its application*. IIE – International Institute of Ecology, São Carlos. 585p. 1999.

_____. Biodiversity in the high Paraná River floodplain. **In:** GOPAL, B.; JUNK, W.J.; DAVIS, J.A. **Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation**, Backhuys Publishers: Leiden, The Netherlands. p.89-118. 2000.

_____ 2. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. **Rev. Fish. Biol. Fish.** 14: 11-19. 2004a.

AGOSTINHO, A.A., S.M. THOMAZ & L.C. GOMES. **Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams**. *Ecohydrology and Hydrobiology* 4: 255-268. 2004b.

_____. **Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil**. *Megadiversidade* 1(1): 70-78. 2005.

AGOSTINHO, A.A., GOMES, L.C. & PELICICE, F.M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. EDUEM, Maringá. 2007.

ALBRECHT, M.P. & CARAMASCHI, E.P. **Feeding ecology of *Leporinus friderici* (Teleostei, Anostomidae) in the Upper Tocantins River, Central Brazil, before and after installation of a hydroelectric plant**. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 38(1): 33-40. 2003.

ANDRADE, R. **Da transposição das águas do Rio São Francisco à revitalização da bacia: as várias visões de um rio**. Fórum permanente de defesa do São Francisco/International rivers network / coalizão rios vivos. Agosto de 2002.

ANA/GEF/PNUMA/OEA. **Estudo do processo erosivo das margens do baixo São Francisco e seus efeitos na dinâmica de sedimentação do Rio**. Resumo Executivo do Relatório Final. Abril de 2003.

BARBIERI, G., SALLES, F.A. & CESTAROLLI, M.A. **Análise populacional do curimatá, *Prochilodus lineatus*, do rio Mogi Guaçu, Pirassununga, SP (Characiformes, Prochilodontidae)**. *B. Inst. Pesca* 26(2): 137-145. 2000.

BARBOSA, F.A.R., RYLANDS, A. B. & OLIVEIRA, S. J. **Drastic decrease in algal diversity caused by human impact on an urban lake in south-east Brazil**. *Verhandlung Internationale Vereinigung für Limnologie*, Stuttgart 25: 939-941. 1993.

- BARON, J.S. *et al.* **Ecosistemas de água doce sustentáveis**. Tópicos em Ecologia, Sociedad Norteamericana de Ecologia, n. 10 Invierno, p. 1-15, 2003.
- BITTENCOURT, M. M. & COX-FERNANDES, C. Peixes migradores sustentam pesca comercial. **Ciência Hoje**, 11(64): 20-24.1990.
- BIZERRIL, C.R.S.F. & PRIMO, P.B.S. **Peixes de águas interiores do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FEMAR – SEMADS, 2001.
- BRAGA, A.R. **Disponibilidade de peixes em poços do rio São Francisco**. Bol. Soc. Cear. Agron., 5: 77-86. 1964.
- BUCKUP, P.A. & MENEZES, N. A. (eds.). **Catálogo dos peixes marinhos e de água doce do Brasil**, 2ª ed. Disponível em <http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo/> (acessado em 14 de novembro de 2008). 2003.
- BURTON, R.F. **Viagem de Canoa de Sabará ao Oceano Atlântico**. Belo Horizonte, Editora Itatiaia. 359 p. 1977.
- BUGENYI, F.W.B. **Ecotones in a changing environment: management of adjacent wetlands for fisheries production in the tropics**. Verh. Internat. Verein. Limnol., 24: 2547-2551. 1991.
- CASTRO, R.M.C. & ARCIFA, M.S. Comunidades de peixes de reservatórios no sul do Brasil. **Rev. Brasil. Biol.** 47(4): 493-500. 1987.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, Fundação de Amparo a Pesquisa do estado de São Paulo, 1981.
- _____. **Modelagem de sistemas ambientais**. Edgard Blücher: São Paulo, 1999.
- COLLISCHONN, W. *et al.* Em busca do hidrograma ecológico. **In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 16., 2005, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.
- CUNHA, Sandra Batista. **Canais fluviais e a questão ambiental**. In: GUERRA, Antonio José Teixeira & CUNHA, Sandra Batista. A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- DELARIVE, R.L. **Ecologia trófica da ictiofauna do rio Iguaçu e efeitos decorrentes do represamento de Salto Caxias**. Tese de Doutorado. UEM, Maringá, Brasil. 65p. 2002.
- DIEGUES, A.C. **An inventory of Brazilian wetlands**. IUCN, Glang, Switzerland. 224p. 1994.
- ESTEVES, F.A., F.R. Scarano & A.L.S. Furtado. **Restingas e lagoas costeiras do norte fluminense**. In: U. Seeliger, C. Cordazzo & F.A.R. Barbosa (eds.). Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. pp. 83- 100. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil. 2002.
- FONTES, L.C.S. Erosão marginal associada a impactos ambientais a jusante de grandes barragens: O caso do baixo curso do rio São Francisco. **Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio**

- ambiente**). Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2002.
- GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. São Paulo/SP: Editora UNESP, 276 p., 2003.
- GODINHO, A. L. E os peixes de Minas em 2010? **Ciência Hoje**, 16(91): 44-49. 1993.
- Godinho, A.L, Kynard, B. & Martinez, C.B. 2003. **Cheia induzida**: manejando a água para manejar a pesca. p. 307-326. In: Godinho, H.P. & Godinho, A.L. (org) **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas. 468p.
- GODOY, M.P. **Peixes do Brasil** – subordem Characoidei, bacia do rio Mogi Guassu. Franciscana, São Paulo. 1975.
- GOULDING, M. (1979). **Ecologia da pesca do rio Madeira**. Manaus, CNPq/INPA. 172p, 1979.
- GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 211-252. 2001.
- HAHN, N.S. *et al.* Estrutura trófica da ictiofauna do reservatório de Itaipu (Paraná – Brasil) nos primeiros anos de sua formação. **Interciência**, 23(5): 299-305. 1998.
- HENRY, R. (org). Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na represa Jurumirim. In: _____. **Ecótonos nas Interfaces dos ecossistemas aquáticos**. São carlos: RIMA, 349p. 2003.
- JULIO, H.F.; BONECKER, C.C. & AGOSTINHO, A.A. **Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguçu**. Pp. 1-17. In: A.A. Agostinho & L.C. Gomes (ed.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**, EDUEM, Maringá. 387p. 1997.
- AGOSTINHO, A.A., JÚLIO Jr., H.F., GOMES, L.C., BINI, L.M. &
- JUNK W.J. Long term environmental trends and the future of tropical wetlands. **Environmental Conservation** 29 (in press). 2002.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B. ; SPARKS, R. E . The flood pulse concept in river floodplain systems. **Can Spec Publ Fish AquatSci**, Canadá, v. 106, p. 110-127, 1989.
- LAMAS, I. R. Análise de características reprodutivas de peixes brasileiros de água doce, com ênfase no local de desova. Belo Horizonte, UFMG. 72p. Dissertação (**Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre**). 1993
- LEWINSOHN, T.M. & PRADO, P.I. **Biodiversity of Brazil: a synthesis of the current state of knowledge**. In: T.M. Lewinsohn & P.I. Prado (eds.). **Biodiversidade brasileira: síntese do estado do conhecimento atual**. pp. 139-144. Contexto Acadêmica, São Paulo. 2002.
- LOWE-McCONNELL, R.H. **Fish communities in tropical freshwaters: their distribution, ecology and evolution**. Longman, London. 1975. 337p.

LOWE-McCONNEL, R.L. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. In: LOWE-McCONNEL, R.H. Original Title: Ecological studies in tropical fish communities. São Paulo: Edusp, 1999.

LUZ, L.D.; AMORIM, F.B.; LUZ, J.A.G. Aspectos ecológicos associados a alteração hidrológica observadas no baixo trecho do Rio São Francisco. **In**: Congresso de Ecologia do Brasil, 7., 2005, caxambu, MG. Sociedade de ecologia do Brasil, 2005.

LUZ, L.D., AMORIM, F.B., LUZ, J.A.G. **Alterações Hidrológicas no Baixo Trecho do Rio São Francisco e Aspectos Ecológicos** – Elementos para Definição de Vazões Ecológicas. VIII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Fortaleza/CE. 2006.

MACHADO-ALLISON, A. Factors affecting fish communities in the flooded plains of Venezuela. **Acta Biologica Venezuelana** 15: 59-75. 1994.

MAITLAND, P.S. & MORGAN, N.C. **Human impacts**. In Conservation management of freshwater habitats: lakes, rivers and wetlands (P.S. Maitland & N.C. Morgan, eds). Kluwer Acad. Publishers, Boston, p. 45-85.1997.

MARQUES, M.M. & BARBOSA, F.A.R. Biological quality of waters from an impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, Southeast Brazil) using benthic macroinvertebrate communities as an indicator. **Hydrobiologia**. 457: 69-76. 2001

MARTINELLI, L.A., *et al.* **Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo**. Biota Neotropica 2: 1-18. 2002.

MENEZES, R.S. **Pesca e piscicultura no vale do São Francisco**. Boletim da Secret. da Agricultura., Industr. e Comércio do Est. de Pernambuco, 23: 43-105. 1956.

MENEZES, R.S. **Pesquisa de pesca e piscicultura no rio São Francisco** - levantamento das realizações anteriores e perspectivas futuras. Fortaleza, Convênio DNOCS/CHESF/SUDEPE, Doc. Téc. n. 1. 36p. 1973.

MITSCH, W.J. & GOSSSELINK, J.G. **Wetlands**. New York. 1993.

NORTHCOTE, T. G. **Migratory strategies in production in freshwater fishes**. In: S.D. GERKING (ed.). p. 326-359.1978.

O'KEEFFE, J. **What are environmental flows?Background and rationale**. Delft, the Netherlands. Disponível em: <<http://ftp.ihe.nl/jay/>>. Acesso em: 17 mai. 2006.

OLIVEIRA, P.S.G. Estudo das várzeas visando o controle de cheias urbanas e a restauração ecológica: o caso do parque linear do Ribeirão das Pedras, em Campinas, SP. 2004. Tese (**Doutorado em engenharia Agrícola**) – Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2004.

PEDRALLI, G. & TEIXEIRA, M.C.B. **Macrófitas aquáticas como agentes filtradores de materiais particulados, sedimentos e nutrientes**. In: Henry, R. (org). Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: RiMa, 349p. 2003.

- PETREIRE Jr., M. **Relationships among catches, fishing effort and river morphology for eight river of Amazonas State (Brazil)**, during 1976-1978. *Amazoniana*, 8(2):281-296. 1983.
- PETREIRE, M.; AGOSTINHO, A.A.; OKADA, E.K. & JULIO, H.F. **Review of the Fisheries in the Brazilian Portion of the Paraná/Patana Basin**. Pp 123-143. In: I. Cowx, (ed.). *Management and ecology of lake and reservoir fisheries*. Fishing News Books, London.486p. 2002.
- PETRY, A.C., ABUJANRA, F., PIANA, P.A., JÚLIO JR, H.F. & AGOSTINHO, A.A. **Assembléias de Peixes das Lagoas**. Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde, Ponta Grossa, **12** (1): 39-46, mar. 2006. Sazonalmente isoladas da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. Maringá, PR. Universidade Estadual de Maringá, Nupélia/PEA. 2002.
- PINTO COELHO, R.M. **Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4- year study in Pampulha Lake, Brazil**. *Freshwater Biology* 40: 159-173. 1998.
- PLANVASF. **Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco**. Brasília. 80p. 1986.
- PLANVASF. **Programa para o desenvolvimento da pesca e da aquicultura**. Brasília, Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco. 192p. 1989.
- POMPEU, Paulo & MARTIVEZ, Carlos. **A transposição manual de peixes em barramentos de usinas hidrelétricas**. Artigo Técnico. Belo Horizonte, MG. 2003.
- PRUSKI, F.F., *et al.* **Comportamento hidrológico na estação Juazeiro antes e após a construção da hidrelétrica de Sobradinho**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos. Curitiba. 2003.
- RICHTER, B.D. *et al.* **Ecologically sustainable water management: Managing river flows for ecological integrity**. *Ecological Applications*, v. 13, n.1, p. 206-224, 2003.
- ROCHA, Igor Pinheiro. **Controle da erosão marginal no baixo São Francisco: uso da Bioengenharia de solos associada à recuperação da Vegetação ciliar São Cristóvão – Se. Monografia (Engenharia Florestal)**. Universidade Federal de Sergipe. Set. 2006.
- SANTOS, J.E.S. & PIRES, J.S.R. **Estudos integrados em ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí**. RIMA, São Carlos, v.2. 2000.
- SOUZA FILHO, E. E. & STEVAUX, J. C. **Geologia e geomorfologia fluvial**. In: FINEP. *Estudos ambientais da planície de inundação do Rio Paraná, no trecho compreendido entre a foz do Rio Paranapanema e o Reservatório de Itaipu: Relatório final de projeto*. Maringá: FUEM-Nupelia; São Paulo: FINEP. p. 205-235. 1995.
- STANFORD, J.A. & WARD, J.V. **The effects of regulation on the limnology of the Gunnison River: A North American case history**. In: LILLEHAMMER, A.; SALTVEIT, S.J. (Ed.) *Regulated River*, Oslo: Universitets for laget AS, p. 467-480. 1984.
- THOMAZ, S.M. *et al.* **Decomposição das macrófitas aquáticas e sua relação com o pulso de inundação**. In: *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*. Henry, R. (org). São Carlos: RiMa, 349p. 2003.

TUNDISI, J.G. **Typology of reservoirs in Southern Brazil**. Verh. Internat. Verein. Limnol. 21: 1031-1039. 1981.

_____. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. RIMA, São Carlos. 2003.

TUNDISI, J.G. & T. MATSUMURA-TUNDISI. **Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies**. Hydrobiologia 500: 231-242. 2003.

VAZZOLER, A.E.A.M, AGOSTINHO, A.A. & HAHN, N.S. **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná**. : EDUEM, Maringá. p.267-280. 1997.

VIEIRA, L.J.S. & VERANI, J.R. Diversidade e capturabilidade em comunidades de peixes de lagoas marginais do rio Mogi Guaçu submetidas a diferentes graus de assoreamento. **In: Estudos integrados em ecossistema: Estação Ecológica de Jataí** (J.E. dos Santos & J.S.R. Pires, eds.). RIMA, São Carlos, p. 831-850. 2000.

WELCOMME, R.L. **Fisheries ecology of floodplain rivers**. Longman, New York. 317p. 1979.

_____. **River fisheries**. FAO Fish. Tech. Pap., (262), 330 p. 1985.

_____. **Status of fisheries in South American rivers**. Interciencia, 15: 337-345. 1990.

WELCOMME, R.L. & HAGBORG, D. **Towards a model of a floodplain fish population and its fishery**. Env. Biol. Fish., 2: 7-24. 1977.