

A VISÃO INTEGRADA DA ECOHIDROLOGIA PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

*Luzia Alice Ferreira de Moraes*¹

¹ Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Instituto de Biociências. Depto. de Botânica. Av. Pasteur 458, Urca. Rio de Janeiro, Brasil. CEP: 22290-240.

E-mail: lmoraes@unirio.br

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos estão sendo cada vez mais impactados por ações adversas oriundas das atividades humanas. A escassez da água generalizada, desmatamentos, captação, uso da terra não sustentável e agravamento da poluição exigem um manejo integrado baseado na capacidade de suporte dos ecossistemas aquáticos e na sua resiliência, visando à conservação da qualidade e quantidade desses recursos. A UNESCO vem realizando programas hidrológicos em diversas partes do mundo com o objetivo de compreender as inter-relações funcionais entre ecologia e hidrologia. A meta principal desses programas ecohidrológicos é criar uma integração entre cientistas e tomadores de decisão no sentido de buscar procedimentos operacionais sustentáveis e fomentar uma nova forma de pensar e agir levando em consideração a integridade biológica. O modelo mecanicista não é sustentável porque não leva em consideração os processos biológicos que controlam os ciclos de nutrientes nesses ecossistemas. A visão da ecohidrologia é sistêmica e integrada e procura entender os processos ecológicos, climáticos e antrópicos que direcionam as mudanças nos ecossistemas aquáticos. A exploração desordenada dos recursos naturais está levando à escassez de água potável, o que incapacitará também a produção dos recursos necessários para suprir as necessidades básicas da população, o que já vem ocorrendo em algumas partes do mundo. Das nossas ações atuais dependerá a qualidade de vida futura. O manejo integrado dos ecossistemas aquáticos só será possível a partir de uma mudança de paradigma, por meio de ações multi, inter e transdisciplinares e, ao mesmo tempo, na busca incessante por tecnologias e práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Ecossistemas aquáticos, manejo, sustentabilidade.

ABSTRACT

THE ECOHYDROLOGY INTEGRATED APPROACH FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT OF AQUATIC ECOSYSTEMS. Aquatic ecosystems are increasingly suffering the negative impacts of human activities. Escalating drought, deforestation, capitation, irresponsible land use, and pollution are direct consequences that demand an integrated management scheme. Such a scheme depends on the supporting capacity and resiliency of aquatic ecosystems, being aimed at the conservation of local resources quality and availability. UNESCO is currently employing hydrologic programs in different regions of the world to understand the existing interrelationships between ecology and hydrology. The main goal of ecohydrologic programs is to encourage the collaboration between scientists and political decision-makers in searching for sustainable operational processes, and dissemination of novel ways of thinking and acting which mind preserving biological integrity. The mechanistic model is not sustainable as it does not take into consideration the biological processes driving nutrient cycles within ecosystems. The general policy of ecohydrology is systemic and integrated, aiming at understanding the ecological, climatic and human-induced processes that affect aquatic ecosystems. The irresponsible use of natural resources is bringing drought, which is bound to handicap the production of vital resources for sustaining human population, as is already happening in some parts of the world. On our contemporary attitude depends life quality in the future. An integrated management

of aquatic ecosystems will only become possible from changing current paradigms, from multi-, inter- and trans-disciplinary action, and based on the relentless search for sustainable technology and practices.

Key-words: Aquatic ecosystems, management, sustainable use.

RESUMEN

LA VISIÓN INTEGRADA DE LA ECOHIDROLOGÍA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS. Los ecosistemas acuáticos están siendo cada vez más impactados por acciones adversas, oriundas de las actividades humanas. La escasez generalizada de agua, la deforestación, la captación, el uso no sostenible de la tierra y el agravamiento de la polución exigen un manejo integrado basado en la capacidad de soporte de los ecosistemas acuáticos y su resiliencia, buscando la conservación de la calidad y cantidad de estos recursos. La UNESCO viene realizando programas hidrológicos en diversas partes del mundo con el objetivo de comprender las interrelaciones funcionales entre ecología e hidrología. La meta principal de estos programas ecohidrológicos es crear una integración entre científicos y tomadores de decisión en el sentido de buscar procedimientos operativos sostenibles y fomentar una nueva forma de pensar y actuar teniendo en cuenta la integridad biológica. El modelo mecanicista no es sostenible porque no considera los procesos biológicos que controlan los ciclos de nutrientes en estos ecosistemas. La visión de la ecohidrología es sistémica e integrada y busca entender los procesos ecológicos, climáticos y antrópicos que dirigen los cambios en los ecosistemas acuáticos. La explotación desordenada de los recursos naturales está llevando a la escasez de agua potable, lo cual afectará también la producción de los recursos necesarios para suplir las necesidades básicas de la población, cosa que viene ocurriendo en algunas partes del mundo. De nuestras acciones actuales dependerá la calidad de vida futura. El manejo integrado de los ecosistemas acuáticos sólo será posible a partir de un cambio de paradigma, por medio de acciones multi, inter y transdisciplinarias y, al mismo tiempo, en la búsqueda incesante por tecnologías y prácticas sostenibles.

Palabras clave: Ecosistemas acuáticos, manejo, sostenibilidad.

INTRODUÇÃO

A ecohidrologia é o estudo das interações funcionais entre hidrologia e biota. No passado, a hidrologia era enfocada no controle de eventos catastróficos e suprimento de água. Hoje, a Ecohidrologia é utilizada como uma ferramenta do uso sustentável dos recursos aquáticos. A tendência é que se busque cada vez mais uma ecologia funcional e integrada visando entender fatores e processos interativos que ocorrem nos ecossistemas para a conservação criativa e integrada dos recursos hídricos.

A partir do Programa Man and Biosphere – Homem e a Biosfera (MaB), criado em 1971 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, UNESCO, os ecossistemas aquáticos passaram a fazer parte de um projeto especial, o IHP – Programa Hidrológico Internacional, devido a mudanças importantes que ocorrem continuamente nesses sistemas decorrentes das atividades humanas.

Inicialmente, as atenções se focaram para as consequências e intensificação da agricultura. Ao

término da primeira fase do projeto foi organizado um encontro, em Toulouse, França, em abril de 1986, visando entender os impactos do uso da terra nos ecossistemas aquáticos. Durante esse evento, um tópico foi identificado como crucial: o papel principal realizado pelos ecótonos, interface dos ecossistemas terrestres e aquáticos, na regulação dos ciclos biogeoquímicos e na estrutura dos mosaicos (IHP 1997).

Apesar de a água cobrir quase dois terços da superfície do planeta, a escassez de água tem sido apontada como um dos dois mais preocupantes problemas atuais e futuros. O ano 2003 foi eleito pelas Nações Unidas como o Ano Internacional da Água Doce, e em 2004, o tema da Campanha da Fraternidade foi ‘Água - Fonte de Vida’. A Organização das Nações Unidas definiu, ainda, o período de 2005 a 2015 como o Decênio Internacional para a Ação – Água fonte de vida.

O Brasil ocupa uma posição privilegiada no cenário ambiental devido ao volume e disponibilidade de água em seu território, com oito grandes bacias, representando 12% das reservas mundiais de

água doce, das quais 72% estão localizadas na Amazônia (Rattes 2003). Além disso, possui reservas significativas de águas subterrâneas, delimitadas no subsolo sob a forma de aquíferos como o Aquífero Guarani, considerado o maior manancial transfronteiriço de água doce subterrânea no planeta, estendendo-se desde a Bacia Sedimentar do Paraná até a Bacia do Chaco-Paraná (Borghetti *et al.* 2004). Segundo Braga *et al.* (2005), do total de cerca de 265.400 trilhões de toneladas de água, distribuída em lagos, aquíferos e rios, apenas cerca de 0,5% de água doce é explorável sob o ponto de vista tecnológico, levando-se em conta aquelas das regiões de difícil acesso ou muito poluídas.

A UNESCO tem realizado programas hidrológicos internacionais baseados na preocupação com a questão dos ecossistemas aquáticos, contando com a participação multi e interdisciplinar de pesquisadores e estudantes de vários países do mundo, para discutir sobre problemas e técnicas utilizadas em seus ambientes aquáticos e apresentar possíveis soluções.

A interferência humana nos ecossistemas de água doce vem afetando severamente as suas características naturais físicas e biológicas, alterando a sua produtividade e resiliência (Nilsson *et al.* 2007). A qualidade da água nos ecossistemas de água doce é dependente de fatores e processos bióticos, abióticos e antrópicos, sendo que esses ecossistemas são permanentemente supridos por matéria orgânica terrestre. Assim, o ambiente aquático em uma escala de bacia é resultado das condições climáticas, das estruturas geomorfológicas, e principalmente devido à evolução e à sucessão biológica (Zalewiski 2002).

Segundo Zalewiski (2000) dá-se, ainda, pouca importância à biota, componente regulador do ciclo da água. Zalewiski (2002) aponta que em muitas situações o modelo mecanicista para solucionar os problemas no ambiente, como os represamentos, reduzem seriamente o papel dos processos ecológicos para moderar o ciclo da água. Além disso, podem causar redução da qualidade da água ou poluição secundária, como por exemplo a eutrofização. Segundo Naiman (2002) é necessário entender os processos ecológicos naturais e utilizar esse conhecimento para melhorar o manejo dos ecossistemas aquáticos e, com isso, contribuir para a melhoria das condições ambientais e humanas em várias partes do mundo.

As alterações físicas e morfológicas dos rios, além

de afetarem o regime da vazão, reduzem o corredor fluvial e degradam a zona ripária com consequentes perdas na biodiversidade e na integridade ecológica desses ambientes (Rodrigues 2009). As alterações humanas nos ecossistemas riverinos envolvem não somente mudanças no regime de vazões, mas também, na conectividade hidrológica e na fragmentação física, considerada o maior impacto nos rios do mundo (Nilsson *et al.* 2005). A manutenção da estrutura de um ecossistema aquático depende da qualidade da água, das fontes de energia, do regime hidrológico, das interações bióticas e da qualidade dos habitats (Gorman & Kan 1978; Kan & Dudley 1981). A regulação do nível da água nos períodos de desova é uma maneira eficiente para a controle da densidade de peixes juvenis e manutenção do nível do zooplankton estabilizado, o qual será suficiente para reduzir a biomassa algal e evitar o bloom de algas tóxicas (IHP 1997).

Segundo o Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas alterações como o aumento da temperatura da água, bem como as mudanças na intensidade e duração da precipitação, podem alterar a qualidade da água. As altas temperaturas reduzem os níveis de oxigênio dissolvido que terá efeitos negativos na vida aquática (IPCC 2007). As inundações contribuem para a sedimentação e transporte de nutrientes e contaminantes no corpo d'água estimulando uma alta produtividade biológica na planície e alterando a qualidade da água (IHP 1997).

Com isso, cada vez mais busca-se um gerenciamento sustentável dos recursos de água doce, baseado no conceito de ecoidrologia: ecologia + hidrologia. Isto é, entender os processos ecológicos e biológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos, buscando soluções sustentáveis. A qualidade de vida dependerá do balanço de todas as ações, que irão gerar impactos positivos ou negativos no ecossistema.

AÇÕES ANTRÓPICAS E O IMPACTO SOBRE OS RECURSOS NATURAIS

O desmatamento em grande escala e o rápido crescimento urbano e implementação de infraestrutura gera cada vez mais impactos sobre os ecossistemas aquáticos. Os nossos recursos hídricos são limitados, e os danos com a exploração desordenada, tais como:

extração, consumo e desperdício (Chaudry 1997), irão levar a escassez de água potável, que já vem ocorrendo em vários países (Mansur 1993).

Assim, caso não sejam tomadas medidas urgentes, o mundo ficará incapacitado de produzir os recursos necessários para suprir as necessidades básicas da população como água, alimento e abrigo (Ferguson-Bisson 1992), que ao final, poderá limitar a população como um todo (Falkenmark & Suprpto 1992).

A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos, exigem o planejamento e o manejo integrados desses recursos (Cabral 1997). A qualidade das águas postas à disposição da população para consumo é muito precária sendo que cerca de 70% dos rios brasileiros está contaminado (Pedrosa 1993).

As grandes barragens geram uma gama de impactos nas bacias hidrográficas, afetando os ecossistemas aquáticos e terrestres (Moraes *et al.* 2006). As barragens provocam uma intervenção permanente em leitos de rios (Souza-Filho, 1999), que podem alterar a ecologia (Hossain *et al.* 2009), migração e reprodução (Sanches *et al.* 2006) de peixes, bem como a qualidade da água (Boulding *et al.* 2009) e o regime de inundação (Agostinho *et al.* 2008), quando grandes áreas são inundadas.

Segundo Agostinho e Zalewski (1996), as grandes barragens para geração de energia podem causar a destruição de extensas áreas de planície de inundação, ocasionando sérios desequilíbrios ecológicos. A regulação do nível do rio imposta pelas barragens altera a carga e a deposição dos sedimentos na planície de inundação, podendo alterar a disponibilidade de água e nutrientes para a biota, a partir da modificação na magnitude, frequência e duração das inundações (Nilsson *et al.* 1991, Richter *et al.* 1996, Merritt & Cooper 2000), resultando em mudanças físicas, químicas e biológicas no próprio reservatório e no seu entorno, a montante e a jusante da barragem (Poff *et al.* 1997).

Assim, faz-se necessário utilizar os recursos aquáticos de maneira apropriada para que se possa obter o melhor proveito a curto prazo, preservando-os ao longo do tempo. Segundo Calijuri & Oliveira (1997) a política de conservação dos recursos hídricos deve ser fundamentada no uso disciplinado das bacias hidrográficas, contemplando o reflorestamento e a proteção da vegetação natural, a conservação do solo,

o controle de enchentes e a conservação da fauna, além do monitoramento permanente dos corpos d'água, possibilitando, assim, satisfazer as demandas futuras por estes recursos. Calijuri & Oliveira (1997) afirmam, ainda, que manejar um sistema aquático é um problema complexo sendo indispensável que se conheça a capacidade suporte do sistema, com a consequente manutenção da qualidade da água. Segundo o Programa Hidrológico Internacional V (IHP 1997) para o manejo eficiente e o uso sustentável dos recursos aquáticos, o processo de tomada de decisão deve ser baseado em ações preventivas e índices padronizados de qualidade da água. Esses índices devem ser formulados levando em consideração a estrutura e o funcionamento das comunidades biológicas, em uma escala local e integrados com os processos hidráulicos/hidrológicos.

A DEGRADAÇÃO E A INTEGRIDADE BIÓTICA NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Segundo Moraes & Souza Filho (2000), o ambiente é um sistema que 'respira' e que 'excreta'. Esse sistema necessita da água, do ar, da energia solar, da matéria, e ao mesmo tempo excreta matéria na forma de biomassa e resíduos, recursos enérgicos e tecnológicos. O equilíbrio dinâmico desse sistema é obtido através da relação entre inputs e outputs. É importante que a matéria e energia que sai do sistema não sejam perdidas, mas sirvam para retroalimentá-lo. O fitoplâncton marinho, principalmente das áreas costeiras, e as florestas são as nossas principais fontes de oxigênio, além de fornecerem energia e matéria à cadeia alimentar. Ainda, deve-se reconhecer o efeito da cobertura vegetal nos processos hidrológicos buscando evitar a erosão, a sedimentação e a lixiviação, conservando a qualidade e a quantidade da água, bem como a integridade biológica dos ecossistemas aquáticos (Zalewski 2000).

Muniz & Moraes (2007) apontam que o crescimento urbano desordenado e exponencial da população ao longo dos anos tem levado a uma demanda crescente por água, alimento, energia e recursos, como também aumentando cada vez mais a geração de lixo em todas as suas formas. Segundo Kundzewicz (1999) as soluções para compensar as modificações antrópicas no ciclo da água como urbanização, agricultura, poluição, exploração desordenada, eram baseadas,

principalmente, em métodos de engenharia civil e deste modo, insustentáveis (Wagner *et al.* 2001), tanto do ponto de vista econômico como ambiental. Zalewski (2002) afirma que em muitas situações o modelo mecanicista baseado no excesso de obras de engenharia como canalizações e barramentos tem reduzido seriamente o papel dos processos ecológicos para moderar o ciclo da água. Com o declínio da qualidade dos recursos aquáticos torna-se necessária a busca de novas soluções que visem a conservação pois o problema da água é o resultado de múltiplas causas e efeitos interdependentes .

AS INTERRELAÇÕES NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Os Ecossistemas Aquáticos são sistemas complexos e integrados de seres vivos e ambientes físicos, onde os fatores e processos bióticos, abióticos e antrópicos interagem continuamente, influenciando as propriedades uns dos outros. O ciclo da água, importantíssimo para a manutenção dos ecossistemas aquáticos é uma evolução de fatores e processos biogeoquímicos, dinâmicos e ao mesmo tempo

vulneráveis. A interrelação desses fatores e processos irá determinar a autorregulação do sistema (Moraes & Sousa Filho 2000).

O uso de modelos matemáticos em ecoidrologia (King *et al.* 2001), bem como do sensoriamento remoto (Baptista & Araújo Neto 1994) são ferramentas eficientes utilizadas para compreender processos biológicos e ecológicos em ecossistemas aquáticos. Por outro lado, esses ecossistemas são entidades complexas dependentes da atmosfera, geomorfologia, cobertura vegetal, captação e impactos humanos na sua estrutura e dinâmica.

A Figura 1 mostra o balanço entre os inputs e outputs do sistema, em termos de ações benéficas ou adversas que irão definir a qualidade ambiental. O impacto dessas ações dependerá das potencialidades e vulnerabilidades do meio, sendo que, a continuidade do crescimento populacional desordenado é a maior fonte da instabilidade ambiental (Moraes & Sousa Filho 2000).

A EUTROFIZAÇÃO ARTIFICIAL

Os processos hidrológicos estão interligados

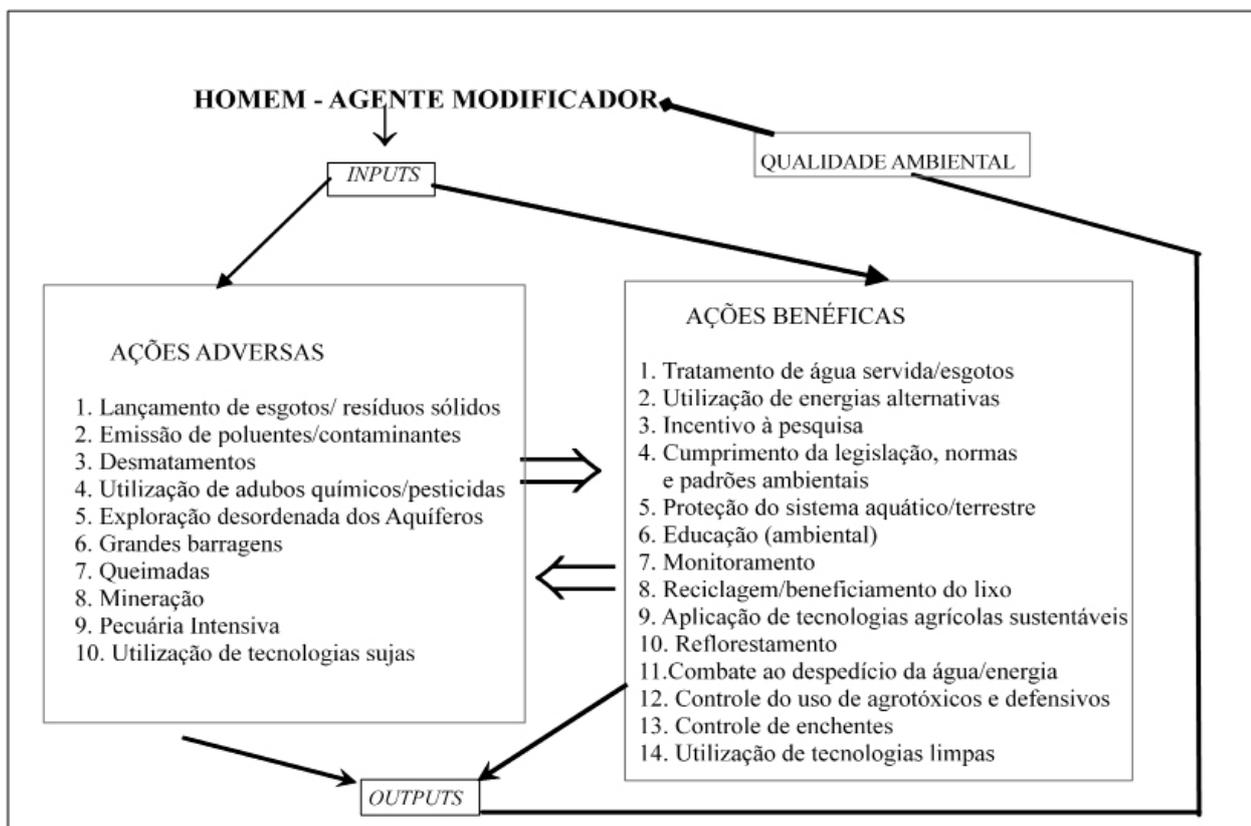


Figura 1. Esquema da interrelação entre os fatores e processos bióticos, abióticos e antrópicos. (Fonte: Moraes & Sousa Filho 2000, modificado)

Figure 1. Schematization of the interrelationship among biotic, abiotic and antropic factors and processes.

Adapted from Moraes & Sousa Filho 2000.

com os biológicos e ecológicos (Zalewski 2006). A importância dos processos biológicos nos ciclos de nutrientes nos ecossistemas aquáticos é determinada por quatro fatores principais: temperatura, luz, disponibilidade de nutrientes e dinâmica da massa d'água, os quais estão em constantes mudanças (Zalewski 2002). Cada fator/processo influencia outro ao longo do tempo. Assim, a qualidade da água nos ecossistemas de água doce é extremamente dependente dos microorganismos que são os responsáveis pelas mudanças na qualidade da água (Zalewski 2007).

Os ecossistemas de água doce são frequentemente supridos por matéria orgânica dos ecossistemas terrestres, incluindo atividades humanas como esgotos que são decompostos pela biota aquática. O aporte deste material fomenta não somente a atividade microbiana mineralizadora, mas também a produção primária e secundária nos ecossistemas aquáticos.

As fontes geradoras de impactos nos ecossistemas aquáticos podem ser pontuais, isto é, introduzidas por lançamentos individualizados, como os despejos de esgotos sanitários ou de efluentes industriais e fontes não pontuais ou difusas por não advirem de um ponto preciso de geração como as oriundas de campos agrícolas e de drenagem urbana. A contínua entrada de efluentes de origem antrópica leva ao processo de eutrofização artificial.

As fontes geradoras de impactos nos ecossistemas aquáticos podem ser pontuais, isto é, introduzidas por lançamentos individualizados, como os despejos de esgotos sanitários ou de efluentes industriais e fontes não pontuais ou difusas por não advirem de um ponto preciso de geração como as oriundas de campos agrícolas e de drenagem urbana. A não redução das fontes pontuais e não pontuais de esgoto leva ao processo de eutrofização.

A eutrofização artificial, ocasionada pela entrada no sistema de nutrientes em excesso contidos em esgotos domésticos e industriais, tem como consequência a proliferação de algas e macrófitas aquáticas. O meio é incapaz de decompor, dissipar ou assimilar essa carga de esgotos excessiva e entra em desequilíbrio, com oscilações bruscas entre crescimento e mortalidade de algas e macrófitas. Com a continuidade do processo, a matéria morta se acumula na região mais profunda desses ambientes, causando um aumento do metabolismo de bactérias.

A mortalidade de peixes e outros organismos é causada pela falta ou diminuição de oxigênio, sem falar nas toxinas de algumas algas cianofíceas e outros compostos tóxicos resultantes da atividade microbiana anaeróbica, que são prejudiciais à biota e à saúde humana.

A contaminação e as mortalidades de peixes também irão afetar a economia local pela perda da produtividade e do potencial turístico, além da necessidade de investimentos cada vez maiores para mitigar ou reduzir os impactos causados com os custos com a purificação da água, mas também reduz a potencialidade da área para recreação (IHP 1997).

Alguns critérios para determinação do estado trófico do ecossistema aquático são: as concentrações de oxigênio dissolvido, transparência da água, composição da fauna bentônica, composição do fitoplâncton, concentração de nutrientes, medidas de biomassa, medidas de produção orgânica. (Calijuri & Oliveira 1997).

Schuller et al (2000) discutiram o problema de restaurar a qualidade da água em 1000ha de um ecossistema altamente degradado pela agricultura intensiva e sobrecarregado de nitrogênio. Os autores mostraram que a restauração de um curso d'água seminatural com planícies de inundação temporárias criando e conectando uma variedade de pequenos ecossistemas foi uma importante contribuição para a estabilização das comunidades florísticas e faunísticas bem como para a eliminação dos nutrientes em excesso. Schüller op cit. mostraram que a qualidade da água e a biodiversidade poderiam ser aumentadas por meio de métodos de engenharia, reconstrução de áreas úmidas, redução do uso agrícola e implementação de conectividade, criando diferentes habitats e ecótonos. Dakova *et al.* (2000) identificaram a vazão mínima para manter a qualidade da água e a diversidade da biota, por meio da comparação de índices bióticos, regime fluviométrico, qualidade da água e descarga em um ecossistema fluvial. O estudo mostrou uma correlação próxima entre a vazão e os índices bióticos e, ainda, pode estabelecer um método para relacionar características quantitativas e qualitativas do rio com o estado do ecossistema visando a melhoria dos padrões de qualidade da água existentes.

Para que o nível trófico no sistema se mantenha ou atinja condições satisfatórias é necessário que haja um controle das fontes geradoras que estão

relacionadas às atividades antrópicas, à distribuição da população humana e aos diversos usos da água. O ambiente somente voltará a um nível trófico mais baixo, controlado pela biota, a partir do controle das fontes geradoras, dos produtos e das consequências, por meio da aplicação de tecnologias sustentáveis baseadas no conceito da ECOHIDROLOGIA: Ecologia + Hidrologia (Zalewski 2002).

ECOHIDROLOGIA – PROGRAMAS HIDROLÓGICOS INTERNACIONAIS

Os Programas tiveram início como a Década Internacional Hidrológica (DIC, 1965-1974), que teve como objetivo encontrar soluções para os problemas específicos de recursos hídricos de países com diferentes condições geográficas em diferentes níveis de desenvolvimento técnico e econômico.

A partir da percepção de que os recursos hídricos são muitas vezes um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento harmonioso de muitas regiões e países do mundo, os governos e a comunidade científica internacional, sentiram a necessidade de implantar um Programa Hidrológico Internacional (IHP) patrocinado pela UNESCO focado no tema água.

Durante as três primeiras fases do programa (IHP-I: 1975-1980; IHP-II: 1981-1983; IHP-III: 1984-1989) foram implementados 70 projetos de interesse científico e prático, cujos principais temas de investigação foram: o ciclo hidrológico, balanço hídrico, fenômenos de águas superficiais e subterrâneas, com a ênfase no impacto antrópico sobre os recursos hídricos.

A partir da Terceira Fase em 1984, foi decidido que cada fase do programa seria planejada em torno de um tema geral unificador. A terceira fase do IHP foi focada em Hidrologia e as bases científicas para a gestão racional dos Recursos Hídricos para o Desenvolvimento Econômico e Social.

O tema escolhido para o IHP-IV (1990-1995) foi “Hidrologia e Desenvolvimento Sustentável dos Recursos Aquáticos em um Ambiente em Mudanças”.

A partir do V Programa Hidrológico Internacional (IHP 1996) os seguintes objetivos foram citados: revisar as informações existentes sobre os ecossistemas aquáticos, entender os processos que ocorrem nesses

ecossistemas, definir direções para pesquisas futuras, hierarquizar os problemas ambientais associados com os processos hidroecológicos, quantificar as ligações entre os fatores bióticos e abióticos e definir o papel dos diferentes fatores no transporte e transformação do sedimento, nutrientes e poluentes na água. Entretanto, a meta principal desses programas é criar uma integração entre cientistas e tomadores de decisão para buscar procedimentos operacionais sustentáveis e fomentar novas perspectivas, a partir da integração de diferentes informações.

O Programa Hidrológico VI enfocou os processos biológicos do ciclo hidrológico proporcionando um entendimento científico entre hidrologia/biota, mas também incutiram uma visão sistêmica de como utilizar as propriedades do ecossistema como uma nova ferramenta para o manejo integrado dos recursos aquáticos (Zalewski 2008).

A sexta fase se estendeu de 2002 a 2007, e destacou cinco questões: Mudanças Globais e Recursos Hídricos; Dinâmicas integradas da Bacia Hidrográfica; Perspectivas Regionais sub-item Zonas Áridas e Semi-áridas; Água e Sociedade; Conhecimento, Informação e Transferência de Tecnologia.

O curso *Ecohydrology & Coastal Management: from catchment to coastal areas* – realizado em 2002 na Universidade de Algarve, Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente (FCMA), Portugal - buscou proporcionar uma visão integrada a partir da troca de informações com grandes pesquisadores como o Dr. Eric Wolanski, pesquisador Sênior do Instituto Australiano de Ciências Marinhas (AIMS), dedicando-se a pesquisas sobre impactos em lagos, manguezais e recifes de corais; Dr. Maciej Zalewski, presidente do Centro de Estudos Ecohidrológicos da Universidade de Lodz, Polônia, tendo como principal área de investigação a aplicação do conceito de ecohidrologia para a restauração de ecossistemas fluviais utilizando técnicas de sistema de informação geográfica e o Dr. Luís Chícaro, do Centro Internacional de Ecohidrologia Costeira, Universidade de Algarve, que pesquisa a ecologia e restauração de habitats costeiros e estuarinos.

Um novo impulso foi adquirido durante a sexta fase do Programa Hidrológico Internacional, que direcionou o surgimento do Programa de Ecohidrologia (UNESCO 2007). O Programa constituiu um Comitê Científico Consultivo (SAC) em

Ecohidrologia que desenvolveu uma nova declaração de missão e estratégia. Os três pilares desse Programa são baseados nos sistemas sociais, hidrológicos e ecológicos. Os projetos tem por objetivo desenvolver, validar e implementar a ecohidrologia na gestão integrada de cada bacia hidrográfica. Os resultados desses estudos servirão não somente para melhorar a qualidade e quantidade da água, mas também existe a preocupação com a questão social, sobre as demandas e necessidades das populações de cada região. No Brasil, destacam-se dois Projetos, o primeiro na Planície de Inundação do Rio Amazonas, visando o desenvolvimento sustentável na reserva de Mamirauá, liderado pelo pesquisador Dr. Florian Wittmann do Instituto Max-Planck, Alemanha e o segundo, na Planície de Inundação do Rio Paraná, para criação de uma Reserva da Biosfera para prevenir o declínio da biodiversidade do local, liderado pelo pesquisador Dr. Angelo Agostinho da Universidade Estadual de Maringá.

A sétima fase (PHI-VII–2008-2013) busca enfocar o tema: Dependência da Água: Sistemas sob estresse e responsabilidade Social. Todos os Programas são patrocinados pela UNESCO e existe a preocupação de correlacionar fenômenos e eventos que ocorrem em diferentes países, mas que se interrelacionam. Um fenômeno que ocorre em um determinado local estará afetando outro, como exemplo o fenômeno do El Niño. As ações antrópicas em grande escala como desmatamentos e emissão de gases poluentes estarão afetando o planeta como um todo. Assim, a visão deve ser global no sentido de enxergar causas e efeitos de cada ação. Os programas se preocupam com a integração de informações e troca de experiências e tecnologias. Nesse sentido, busca-se soluções participativas, tendo em vista que os problemas nos ecossistemas aquáticos são semelhantes, mas levando em consideração que se ações efetivas e eficientes não forem tomadas agora, amanhã poderá ser tarde demais.

A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E A ECOHIDROLOGIA

A Lei 9.433/97, conhecida como a ‘Lei das Águas’ criou organismos e instrumentos de gestão para o uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso da água, efetivada a partir de 14 de março de 2002 para as

empresas no entorno do Rio Paraíba do Sul; o Sistema Nacional de Informações dos Recursos Hídricos encarregado de coletar, organizar, criticar e difundir a base de dados relativa aos recursos hídricos, seus usos, balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia. A partir dessa base de dados da bacia, os gestores, a sociedade civil e outros usuários podem obter as informações necessárias para opinar sobre processos decisórios ou tomar as decisões.

Em relação à cobrança pelo uso, a Lei 9.433/97 foi um grande passo para o reconhecimento do valor da água como um bem finito e vulnerável. A partir dessa Lei das Águas, o Brasil passou a dispor de instrumentos legais para a cobrança pela utilização da água, que antes era utilizada gratuitamente pelos setores industrial, agropecuário, hidrelétrico e, inclusive, por companhias de abastecimento.

O que se espera em relação à Lei 9.433/97 é que haja uma racionalização crescente da água, baseada na conscientização do seu valor como um bem e ao mesmo tempo, induza a diminuição da poluição/contaminação dos recursos hídricos pelas indústrias. E, deste modo, preservar a qualidade dos recursos aquáticos.

O Art. 21 dessa Lei diz que na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros: nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente. Verifica-se que fatores como captação, volume e a toxicidade da carga poluente, biota e características físico-químicas do sistema devem ser considerados nos diferentes ecossistemas aquáticos principalmente em função da sua resiliência.

A Resolução CONAMA 396/2008 diz respeito à classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e a Portaria SERLA (atual INEA) 385/2005 estabelece os procedimentos para autorização de extração de água subterrânea para pesquisa sobre a produção e disponibilidade hídrica no domínio do estado do Rio de Janeiro. Ambas, visam a conservação da quantidade e qualidade dos ecossistemas aquáticos subterrâneos.

A Resolução CONAMA 357/2005, Capítulo IV,

Art.24 diz o seguinte: os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis. No Art. 26, § 2º, é mencionado que o estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.

Com relação aos aproveitamentos hidrelétricos e grandes Obras de Infraestrutura Hídrica que demandam quantidades importantes de recursos hídricos e podem impactar de forma negativa a disponibilidade e qualidade da água, a outorga e fiscalização são realizadas pela ANA (Agência Nacional de águas), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

No caso de aproveitamentos hidrelétricos, dois bens públicos são objeto de concessão pelo poder público: o potencial de energia hidráulica e a água. Anteriormente à licitação da concessão ou à autorização do uso do potencial de energia hidráulica, a autoridade competente do setor elétrico deve obter a declaração de reserva de disponibilidade hídrica – DRDH junto ao órgão gestor de recursos hídricos. Posteriormente, a DRDH é convertida em outorga em nome da entidade que receber, da autoridade competente do setor elétrico, a concessão ou autorização para uso do potencial de energia hidráulica, conforme disposições dos Arts. 7º e 26º, da Lei 9.984, de 2000, e Art. 9º da Resolução CNRH nº 37, de 2004. No caso de corpos de água de domínio da União, a ANA emite a DRDH e a converte em outorga conforme os procedimentos estabelecidos na Resolução da ANA nº 131, de 2003.

As Notas Técnicas da ANA (2008) para a definição da repartição de vazões retiradas ou lançadas em diferentes reservatórios apresentam importantes subsídios para a gestão dos recursos hídricos, visando a definição das percentagens que caberão à União e aos Estados dos valores resultantes da cobrança pelo uso de recursos hídricos. O Outorgado deverá implantar e manter em funcionamento equipamentos de medição para monitoramento contínuo da vazão captada.

A Legislação brasileira para os recursos hídricos superficiais e subterrâneos considera aspectos relevantes da ecologia para o manejo desses ecossistemas, como: a diminuição da matéria orgânica no sistema aquático para aumentar a sua eficiência; a preservação da qualidade da água, buscando a redução do volume e toxicidade da carga poluente, a preservação da quantidade da água visando atender as diferentes demandas. Essa gestão é baseada em alguns instrumentos como: a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; a outorga ou permissão de uso desses recursos; o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso; o sistema de informação dos recursos hídricos, para reunir, divulgar e atualizar os dados e informações qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos, bem como, sobre a disponibilidade e demanda em todo o território nacional; os Planos de Recursos Hídricos que são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídrico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa água é um patrimônio que deve ser conservado e utilizado de maneira que as gerações futuras também possam usufruir desse bem. Ações antrópicas negativas decorrentes do crescimento desordenado e acelerado como: falta de planejamento urbano, agricultura intensiva, desmatamento, práticas impróprias de uso e ocupação do solo, alteram a qualidade da água e a integridade da biota e tem repercussões sociais e econômicas indesejáveis.

Busca-se uma visão sistêmica e integrada baseada no conceito de ecologia, procurando-se estudar os processos biológicos, que regulam os ecossistemas aquáticos e que são vitais para a continuidade do 'equilíbrio dinâmico' do meio.

Além disso, é importante a conscientização de que todas as ações humanas irão gerar modificações no sistema ambiental, benéficas ou adversas. Portanto, a qualidade de vida dependerá da proteção do meio ambiente físico e biológico por meio de ações efetivas, conscientes, éticas e preventivas do sistema institucional público e privado como também de cada um de nós, que pode e deve lutar por esse ambiente sadio, que está na Constituição Federal e que, portanto, é direito de todos os cidadãos.

Os investimentos em pesquisa, buscando-se tecnologias novas e limpas, são essenciais para a conservação e preservação dos nossos ecossistemas aquáticos e para um melhor entendimento e conhecimento da nossa biodiversidade e dos nossos recursos hídricos.

Percebe-se que em todos os países existem problemas semelhantes e as soluções são muitas vezes complexas pois envolvem diferentes fatores e processos que modificam continuamente os ecossistemas aquáticos. Dependendo do ecossistema, continental ou costeiro, suas características naturais, os impactos a que são submetidos e a capacidade de assimilação das cargas poluidoras serão diferentes, o que irá afetar também a capacidade de autorregulação do sistema e a biota presente. Assim, a Ecohidrologia procura entender os processos ecológicos, climáticos e demográficos que direcionam determinadas mudanças nos ecossistemas aquáticos.

O manejo do ecossistema aquático é uma tarefa difícil devido à dinâmica e complexidade desses ecossistemas associado à falta de conhecimento sobre o requerimento ótimo necessário à sua integridade e ainda, à capacidade de suporte de cargas poluentes do corpo d'água receptor. O manejo inclui o emprego de tecnologias que apresentam vantagens e limitações. As técnicas puramente mecanicistas não são suficientes para resolver ou mitigar os problemas ambientais que enfrentamos como: falta d'água, poluição/contaminação de ecossistemas superficiais e subterrâneos, inundações, assoreamento, mortandade da biota aquática, perda da biodiversidade. A questão da água está associada às interações com o clima-vegetação-solo-biota. É necessária uma mudança de paradigma e a busca de novas práticas eficientes e eficazes e, ao mesmo tempo sustentáveis do ponto de vista ecológico/hidrológico.

AGRADECIMENTOS: Ao Professor Dr. Luís Chícaro da Faculdade de Ciências do Mar, Universidade de Algarve, Portugal e a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) pela concessão de Bolsa para a participação no IHP VI- 'Ecohydrology & Coastal Management: from Catchment to Coastal Areas'.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A.A. & ZALEWISKI, M. 1996. *A Planície alagável do alto Rio Paraná: Importância e Preservação (Upper*

Paraná River Floodplain: Importance and Preservation). EDUEM, Maringá, 100p.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICE, F.M.; SOUZA-FILHO, E.E. & TOMANIK, E.A. 2008. Applications of the ecohydrological concept for sustainable development of tropical floodplains: the case of the upper Paraná River Basin. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8(2-4): 205-223.

ANA (Agência Nacional de Águas) 2008. *Nota Técnica 004*. 17 de janeiro de 2008. Brasília, Brasil.

ANA (Agência Nacional de Águas) 2003. *Resolução nº 131*. 11 de março de 2003. Brasília, Brasil.

BAPTISTA, G.M. de M. & ARAÚJO NETO, M.D. de. 1994. O Processo de eutrofização no Lago Paranoá, Brasília, DF. *Geonomos*, 2(2): 31-39.

BRAGA, B; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C; BARROS, M.T.L.de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. & EIGER, S. 2005 *Introdução à Engenharia Ambiental*, Prentice Hall, São Paulo. 318p.

BRASIL. 1997. *Lei Federal 9.433*, 08 de janeiro de 1997. <http://www.ceivap.org.br/downloads/lein9433-97.pdf> (acesso em 31/07/2009).

BRASIL. 2000. *Lei Federal 9.984*, 17 de julho de 2000. <http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/L9984.htm> (acesso em 24/11/2009).

BORGHETTI, M.R.B; BORGHETTI, J. R. & FILHO, E.F.R. 2004. *Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do mercosul*, Maxigráfica, Curitiba. 214p.

BOULDING, A. & BALDWIN, D.S. 2009. Assessing the impacts and potential control of terrestrial plant colonization of a reservoir bed during an extreme drawdown event. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 14: 21-30.

CABRAL, B. 1997. *Direito Administrativo. Tema: Água*, Caderno Legislativo n.1, Senado Federal, Brasília, 670p.

CALIJURI, M. do C. & OLIVEIRA, H.T. de. 1997. Manejo da Qualidade da Água. Pp. 30-54. In: E.G. Castellano (ed.). *Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias*, São Paulo. 421p.

CHAUDHRY, F.H. 1997. Aproveitamento de Recursos Hídricos. Pp. 55-68. In: E. G. Castellano (ed.). *Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias*, São Paulo. 421p.

CNRH (Conselho Nacional dos Recursos Hídricos) 2004. *Resolução nº 37*. 26 de março de 2004. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.

- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) 2005. *Resolução nº 357*. 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) 2008. *Resolução nº 396*. 03 de abril de 2008. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.
- DAKOVA, Sn.; UZONOV, Y. & MANDADJIEV, D. 2000. Low flow – the river's ecosystems limiting factor. *Ecological Engineering*, 16: 167-174.
- FALKENMARK, M. & SUPRATO, R.A. 1992. Population-landscape interactions in development: a water perspective to environmental sustainability. *Ambio*, 21(1): 31-36.
- FERGUSON-BISSON, D. 1992. Rational land management in the face of demographic pressure: obstacles and opportunities for rural men and women. *Ambio*, 21(1): 90-94.
- GORMAN, O.T. & KARR, J.R. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, 59(3): 507-515.
- HOSSAIN, M. A. R.; NAHIDUZZAMAN, M.; SAYEED, M.A.; AZIM, M.E.; WAHAB, M. A. & OLIN, P. G. 2009. The Chalan beel in Bangladesh: Habitat and biodiversity degradation, and implications for future management. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 14: 3-19.
- IHP (Internacional Hydrological Program –V). 1996. *Hydrology and water resources development in a vulnerable environment*. Detailed plan of the 5th phase (1996-2001) of the IHP UNESCO. Paris. 54p.
- IHP (Internacional Hydrological Program). 1997. *Ecohydrology a New Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources*. UNESCO, Paris. 58p.
- INEA (Instituto Estadual do Ambiente). 2005. *Portaria SERLA 385*. 12 de abril de 2005. Rio de Janeiro, Brasil.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 1000p.
- KARR, J.R. & DUDLEY, D.R. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental management*, 11(2): 249-256.
- KING, B.; McALLISTER, F.; WOLANSKI, E.; DONE, T. & SPAGNOL, S. 2001. River plume dynamics in the Central Great Barrier Reef. Pp. 145-160. In: E. Wolanski (ed.). *Oceanographic Processes of Coral Reef – Physical and Biological Links in The Great Barrier Reef*. CRC Press, 356p.
- KUNDZEWICZ, Z.W. 1999. Flood protection-sustainability issues. *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, 44(4): 559-571.
- MANSUR, A. 1993. Água, a riqueza mais preciosa do século XXI. *Ecologia e Desenvolvimento*, 2(29): 4-9.
- MERRITT, D.M. & COOPER, D.J. 2000. Riparian vegetation and channel change in response to river regulation: a comparative study of the regulated and unregulated streams in the green river basin. *Regulated Rivers: Research and Management*, 16: 543-564.
- MORAES, L.A.F. de & SOUZA-FILHO, E.E. 2000. Indicadores Ambientais e Desenvolvimento Sustentado. *Acta Scientiarum*, 22(5): 1405-1412.
- MORAES, L.A.F. ; SANTOS, R.L.C.; SOUZA-FILHO, E.E. & SOBRAL, L.G.S. 2006. *Avaliação do Uso do Solo no Entorno da UHE de Porto Primavera utilizando o geoprocessamento e o sensoriamento remoto*. Série Técnica. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), Rio de Janeiro, 32p.
- MUNIZ, K.P.M.S. & MORAES, L.A.F. 2007. Método Multicritério de Apoio à Decisão na Avaliação de Impactos Ambientais: Estudo de Caso do Aterro de Gericoínó – Rio de Janeiro. Pp. 71-90. In: Bárbara, S. & Freitas, S (orgs.). *Design - Gestão, Métodos, Projetos, Processos*. Ed. Ciência Moderna, Rio de Janeiro. 178p.
- NAIMAN, R.J.; BUNN, S.E.; NILSSON, C.; PETTS, G.E.; PINAY, G. & THOMPSON, L.C. 2002. Legitimizing fluvial systems as users of water: an overview. *Environmental Management*, 30: 455-467.
- NILSSON, C.; EKBLAD, A.; GARDFIELL, M. & CARLBERG, B. 1991. Longterm effects of river regulation on river margin vegetation. *Journal of Applied Ecology*, 28: 963-987.
- NILSSON, C.; REIDY, C.A.; DYNESIUS, M. & REVENGA, C. 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308: 405-408.
- NILSSON, C.; JANSSON, R.; MALMGVIST, B. & NAIMAN, R. 2007. Restoring riverine landscapes: the challenge of identifying priorities, reference states, and techniques. *Ecology and Society*, 12(1): 16.
- PEDROSA, F. 1993. Muito Recurso, pouca conservação. *Ecologia e Desenvolvimento*, 2(29): 10-13.
- POFF, N.L.; ALLAN, J.D.; BAIN, M.B.; KARR, J.R.; PRESTEGARD, K.L.; RICHTER, B.D.; SPARKS, R.E. & STOMBERG J.C. 1997. The Natural flow regime-A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*, 41(11): 769-784.

- RATTES, M. 2003. O Brasil e as Águas. *Revista Época*, 267: 69- 86.
- RICHTER, B.D.; BAUMGARTNER, J.V.; POWELL, J. & BRAUN D.P. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology*, 10: 1163-1174.
- RODRIGUES, A.S.L. 2009. Uma visão holística sobre os ecossistemas fluviais. *Revista da Biologia*, 2: 8-11.
- SANCHES, P.V; KESHIYU, N.; BIALETZKI, A.; BAUMGARTNER, G; GOMES, L.C. & ANTONIASSI, L.E. 2006. Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: the case of the Porto Primavera dam, Paraná River, Brazil. *River Research and Application*, 22(5): 555-565.
- SHULLER, D.; BRUNKEN-WINKLER, H.; BUSH, P.; FÖRSTER, M.; JANIESCH, P.; VON LEMM, R.; NIEDRINGHAUS, R. & STRASSER, H. 2000. Sustainable land use in an agriculturally mesure landscape in northwest Germany through ecotechnological restoration by a Patch Network Concept. *Ecological Engeneering*, 16: 99-117.
- SOUZA-FILHO, E.E. 1999. Diagnóstico do meio físico e condições emergentes da planície do Rio Paraná em Porto Rico (PR). *Revista Geonotas*, 3(3): 12.
- UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). 2007. *Ecohydrology: an interdisciplinary approach for the sustainable management of water resources*. UNESCO, Paris, 14p: site: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001529/152987e.pdf>. (acesso em 29/11/2009).
- WAGNER, W.; GAWEL, J.; FURUMAI, H.; PEREIRA DE SOUZA, M.; TEIXEIRA, D.; RIOS, L.; OHGAKI, S.; ZEHNDER, A. & HEMOND, H.F. 2002. Sustainable watershed management an international multi-watershed case study. *Ambio*, 31: 2-13.
- ZALEWISKI, M. 2000. Ecohydrology - the scientific background to use ecosystem properties as management tools toward sustentability of water resources. *Ecological Engineering*, 16: 1-8.
- ZALEWISKI, M. 2002. Ecohydrology-the use of ecological and hydrological process for sustainable management of water resources. *Journal des Sciences Hydrologiques*, 47(5): 825-834.
- ZALEWISKI, M. 2006. Ecohydrology an interdisciplinary tool for integrated protection and management of water bodies. *Archiv für Hydrobiologie - Supplementband*, 16(4): 613-622.
- ZALEWISKI, M. 2007. Ecohydrology as a Concept and Management Tool. Pp. 39-53. In: King, C.; Ramkinsoon, J.; Clü sener-Godt, M.; Adeel, Z. (eds.), *Water and Ecosystems Managing Water in Diverse Ecosystems to Ensure Human Well-being*, UNU-INWEH.UNESCO MAB, Canada, 158p.
- ZALEWISKI, M. 2008. Ecohydrology, Framework for implementation of Ecological Biotechnologies in Integrated Water Resources Management (IRWM). *Folia Geographica Physica*, XXXIX: 53-62.

Submetido em 17/08/2009.

Aceito em 29/11/2009.